

電流検出機能を備え、 静止電流が2.5 μ Aの42V、 2.5A同期整流式降圧レギュレータ

特長

- モニタ付きのレール・トゥ・レール電流検出アンプ
- 広い入力電圧範囲: 3.4V ~ 42V
- 超低静止電流の Burst Mode[®] 動作:
 - 12V 入力で 3.3V 出力を安定化時の $I_q = 2.5\mu A$
 - 出力リップル < 10mV_{p-p}
- 高効率の同期動作:
 - 12V 入力、5V/1A 出力時の効率: 96%
 - 12V 入力、3.3V/1A 出力時の効率: 94%
- 短い最小スイッチ・オン時間: 50ns
- すべての条件で低ドロップアウト: 200mV (1A 時)
- 小型のインダクタを使用可能
- 低 EMI
- 調整可能および同期可能な周波数: 200kHz ~ 2.2MHz
- 電流モード動作
- 高精度のイネーブル・ピンしきい値: 1V
- 内部補償
- 出力ソフトスタートおよび出力トラッキング
- 熱特性が改善された 3mm×5mm の小型 24ピン QFN パッケージ

アプリケーション

- 自動車用電源および産業用電源
- 汎用の降圧電源
- CCCV 電源

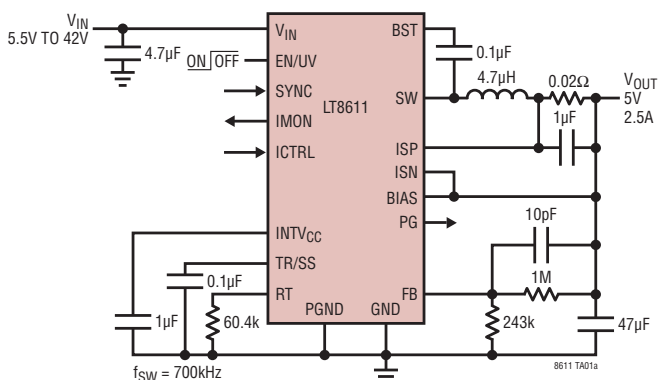
概要

LT[®]8611は、小型、高効率、高速の同期整流式モノリシック降圧スイッチング・レギュレータで、消費する静止電流はわずか2.5 μ Aです。必要な外付け部品が最小限で済むように、上側および下側のパワー・スイッチの他に、必要なすべての回路が内蔵されています。モニタ機能および制御ピンを備えた内蔵の電流検出アンプにより、高精度の入力/出力電流レギュレーションおよび電流制限が可能です。低リップルの Burst Mode 動作により、非常に小さい出力電流まで高い効率が可能であると同時に、出力リップルを10mV_{p-p}未満に維持します。SYNCピンにより、外部クロックへの同期が可能です。ピーク電流モード方式を採用した内部補償により、小型のインダクタを使用できるので、高速トランジェント応答と優れたループ安定性が得られます。EN/UVピンのしきい値は高精度の1Vであり、EN/UVピンを使用して入力電圧の低電圧ロックアウトを設定することや、LT8611をシャットダウンして入力電源電流を1 μ Aまで減らすことができます。TR/SSピンに接続するコンデンサにより、起動時の出力電圧上昇速度を設定できます。V_{OUT}が設定出力電圧の $\pm 9\%$ 以内に入るか、フォルト状態になると、PGフラグで通知します。LT8611は、熱抵抗を低く抑えるための露出パッドを備えた3mm×5mmの小型24ピンQFNパッケージで供給されます。

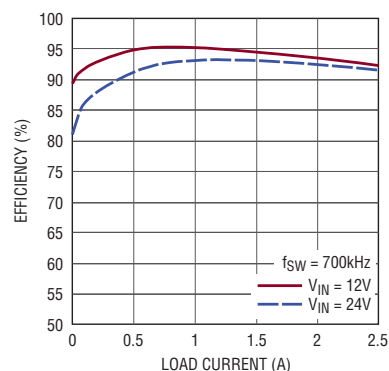
LT、LT、LTC、LTM、Burst Mode、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリアテクノロジ社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

出力電流制限が2.5Aの5V降圧コンバータ



12V入力、5V出力時の効率

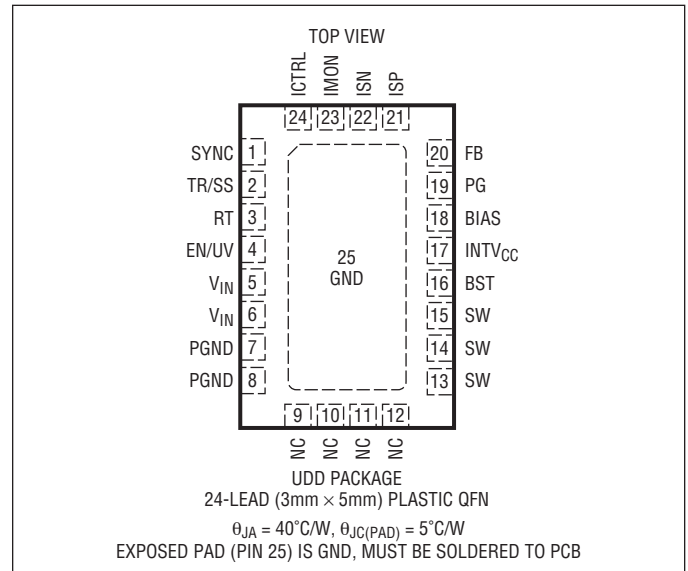


LT8611

絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN} , EN/UV, PG, ISP, ISN ピンの電圧	42V
BIAS ピンの電圧	30V
SW ピンを超える BST ピンの電圧	4V
FB, TR/SS, RT, INTV _{CC} , IMON, ICTRL ピンの電圧	4V
SYNC ピンの電圧	6V
動作接合部温度範囲 (Note 2)	
LT8611E	-40 ~ 125°C
LT8611I	-40 ~ 125°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT8611EUDD#PBF	LT8611EUDD#TRPBF	LGBR	24-Lead (3mm × 5mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT8611IUDD#PBF	LT8611IUDD#TRPBF	LGBR	24-Lead (3mm × 5mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。非標準の鉛仕上げ製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

電気的特性 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ での値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Minimum Input Voltage		●	2.9	3.4	V	
V_{IN} Quiescent Current	$V_{EN/UV} = 0V$, $V_{SYNC} = 0V$	●	1.0	3	μA	
		●	1.0	8	μA	
	$V_{EN/UV} = 2V$, Not Switching, $V_{SYNC} = 0V$	●	1.7	4	μA	
		●	1.7	10	μA	
V_{IN} Current in Regulation	$V_{OUT} = 0.97V$, $V_{IN} = 6V$, Output Load = 100 μA	●	24	50	μA	
	$V_{OUT} = 0.97V$, $V_{IN} = 6V$, Output Load = 1mA	●	210	350	μA	
Feedback Reference Voltage	$V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 0.5A$	●	0.967	0.970	0.973	V
	$V_{IN} = 6V$, $I_{LOAD} = 0.5A$	●	0.956	0.970	0.984	V
Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4.0V$ to 42V, $I_{LOAD} = 0.5A$	●	0.004	0.02	%/V	
Feedback Pin Input Current	$V_{FB} = 1V$		-20	20	nA	
INTV _{CC} Voltage	$I_{LOAD} = 0mA$, $V_{BIAS} = 0V$		3.23	3.4	3.57	V
	$I_{LOAD} = 0mA$, $V_{BIAS} = 3.3V$		3.25	3.29	3.35	V

8611f

電気的特性 ● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
INTV _{CC} Undervoltage Lockout		2.5	2.6	2.7	V	
BIAS Pin Current Consumption	V _{BIAS} = 3.3V, I _{LOAD} = 1A, 2MHz		8.5		mA	
Minimum On-Time	I _{LOAD} = 1A, SYNC = 0V	● 30	50	70	ns	
	I _{LOAD} = 1A, SYNC = 3.3V	● 30	45	65	ns	
Minimum Off-Time		50	80	110	ns	
Oscillator Frequency	R _T = 221k, I _{LOAD} = 1A	● 180	210	240	kHz	
	R _T = 60.4k, I _{LOAD} = 1A	● 665	700	735	kHz	
	R _T = 18.2k, I _{LOAD} = 1A	● 1.85	2.00	2.15	MHz	
Top Power NMOS On-Resistance	V _{INTVCC} = 3.4V, I _{SW} = 1A		120		mΩ	
Top Power NMOS Current Limit	V _{INTVCC} = 3.4V	● 3.5	4.8	5.8	A	
Bottom Power NMOS On-Resistance	V _{INTVCC} = 3.4V, I _{SW} = 1A		65		mΩ	
Bottom Power NMOS Current Limit	V _{INTVCC} = 3.4V		2.5	3.3	4.8	A
SW Leakage Current	V _{IN} = 42V, V _{SW} = 0V, 42V	-1.5		1.5	μA	
EN/UV Pin Threshold	EN/UV Rising	● 0.94	1.0	1.06	V	
EN/UV Pin Hysteresis			40		mV	
EN/UV Pin Current	V _{EN/UV} = 2V	-20		20	nA	
PG Upper Threshold Offset from V _{FB}	V _{FB} Falling	● 6	9.0	12	%	
PG Lower Threshold Offset from V _{FB}	V _{FB} Rising	● -6	-9.0	-12	%	
PG Hysteresis			1.3		%	
PG Leakage	V _{PG} = 3.3V	-40		40	nA	
PG Pull-Down Resistance	V _{PG} = 0.1V	●	680	2000	Ω	
SYNC Threshold	SYNC Falling	0.8	1.1	1.4	V	
	SYNC Rising	1.6	2.0	2.4	V	
SYNC Pin Current	V _{SYNC} = 2V	-40		40	nA	
TR/SS Source Current		● 1.2	2	3.2	μA	
TR/SS Pull-Down Resistance	Fault Condition, TR/SS = 0.1V		230		Ω	
Current Sense Voltage (V _{ISP-ISN})	V _{CTRL} = 1.5V, V _{ISN} = 3.3V	● 48	50	52	mV	
	V _{CTRL} = 1.5V, V _{ISN} = 0V	● 46.5	50.5	55.5	mV	
	V _{CTRL} = 800mV, V _{ISN} = 3.3V	● 39	41	45	mV	
	V _{CTRL} = 800mV, V _{ISN} = 0V	● 38	42	46	mV	
	V _{CTRL} = 200mV, V _{ISN} = 3.3V	● 6	10	14	mV	
	V _{CTRL} = 200mV, V _{ISN} = 0V	● 5	10.5	16	mV	
IMON Monitor Pin Voltage	V _{ISP-ISN} = 50mV, V _{ISN} = 3.3V	● 0.965	1.00	1.035	V	
	V _{ISP-ISN} = 50mV, V _{ISN} = 0V	● 0.900	0.99	1.080	V	
	V _{ISP-ISN} = 10mV, V _{ISN} = 3.3V	● 150	220	290	mV	
	V _{ISP-ISN} = 10mV, V _{ISN} = 0V	● 130	205	280	mV	
ISP, ISN Pin Bias Current		● -20		20	μA	

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性があります。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える恐れがある。

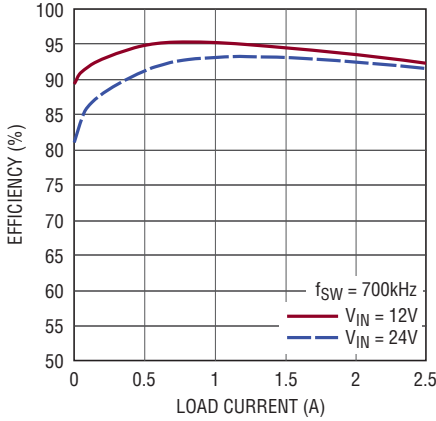
Note 2: LT8611Eは、0°C ~ 125°Cの接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。-40°C ~ 125°Cの動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT8611Iは-40°C ~ 125°Cの動作接合部温度範

囲で動作することが保証されている。接合部温度が高いと動作寿命は短くなる。125°Cを超える接合部温度では動作寿命がディレーティングされる。

Note 3: このデバイスには過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能がアクティブなとき接合部温度は150°Cを超える。規定された最大動作接合部温度を超えた状態で動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

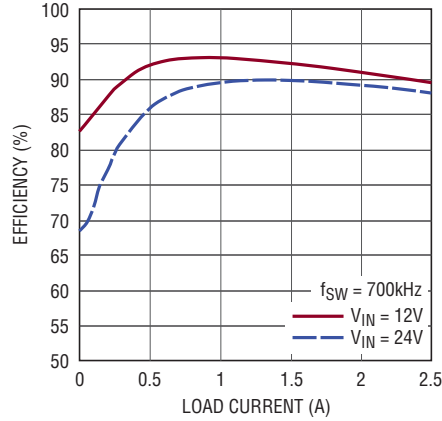
標準的性能特性

5V出力での効率



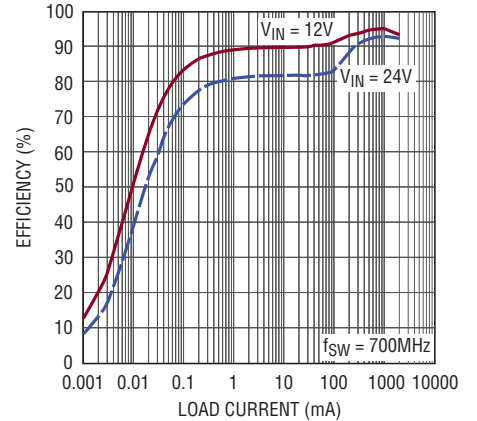
8611 G01

3.3V出力での効率



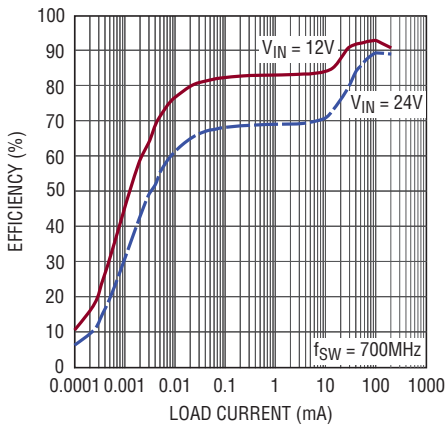
8611 G02

5V出力での効率



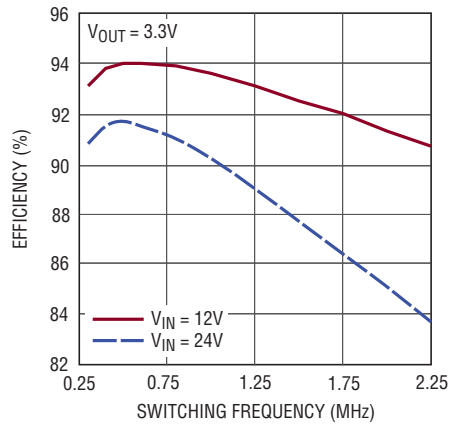
8611 G03

3.3V出力での効率



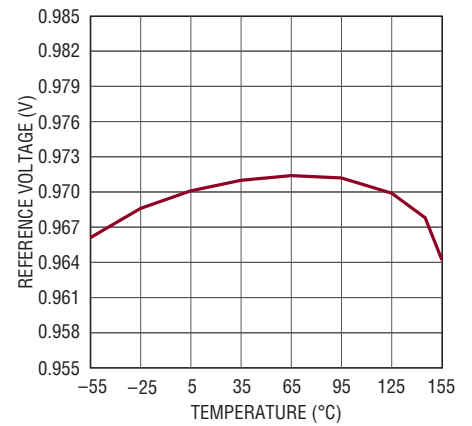
8611 G04

効率と周波数



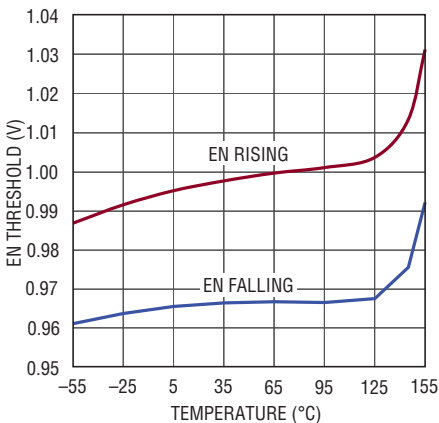
8611 G05

リファレンス電圧



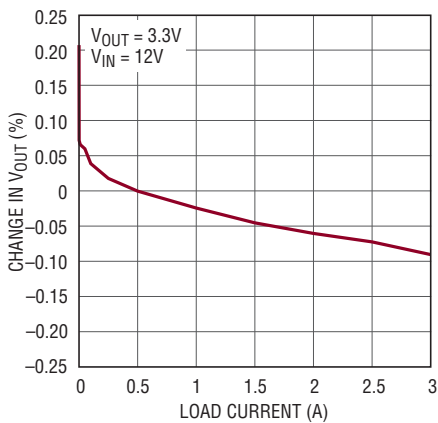
8611 G06

ENピンのしきい値



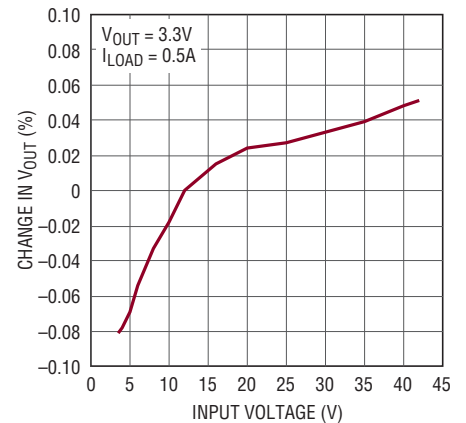
8611 G07

負荷レギュレーション



8611 G08

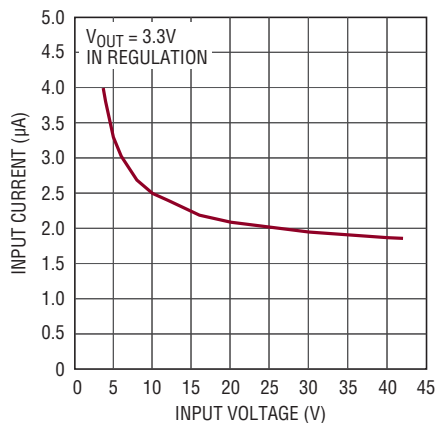
入力レギュレーション



8611 G09

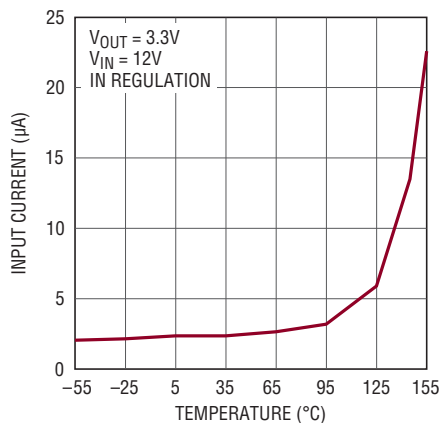
標準的性能特性

無負荷時電源電流



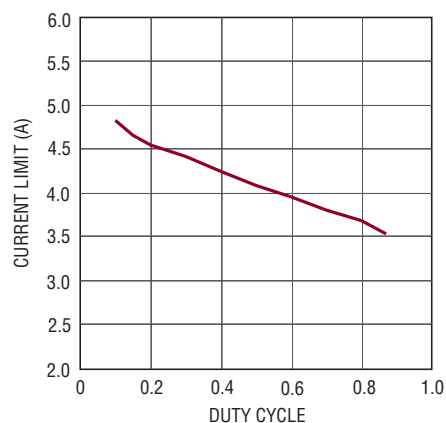
8611 G10

無負荷時電源電流



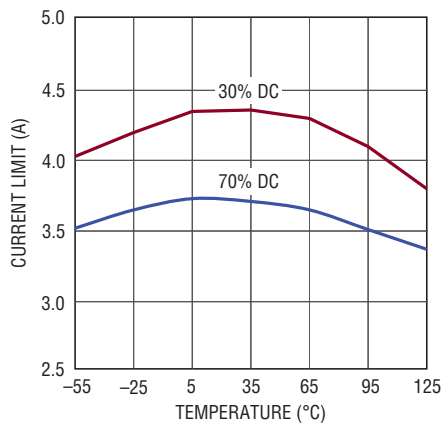
8611 G11

上側FETの電流制限とデューティ・サイクル



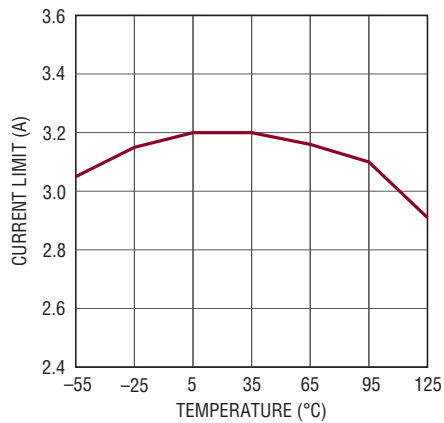
8611 G12

上側FETの電流制限



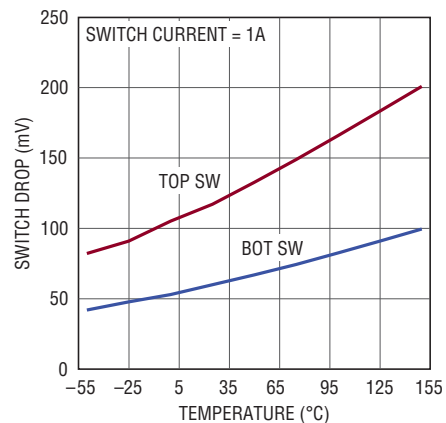
8611 G13

下側FETの電流制限



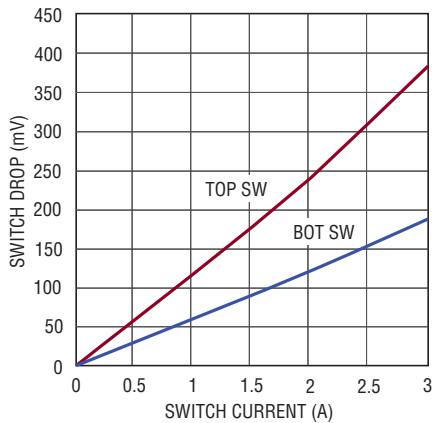
8611 G14

スイッチの電圧降下



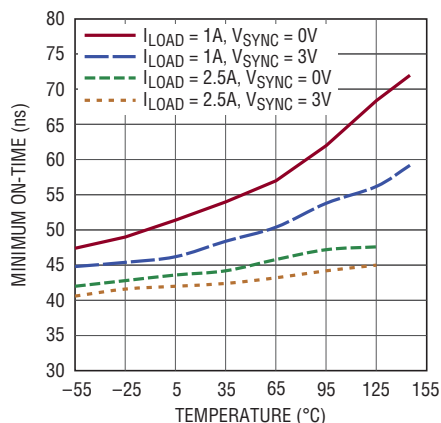
8611 G15

スイッチの電圧降下



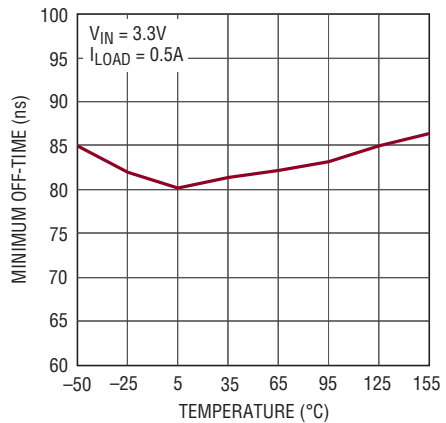
8611 G16

最小オン時間



8611 G17

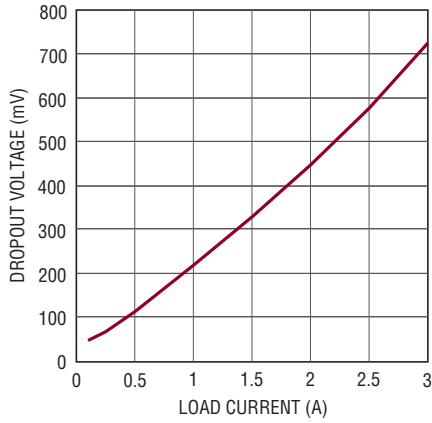
最小オフ時間



8611 G18

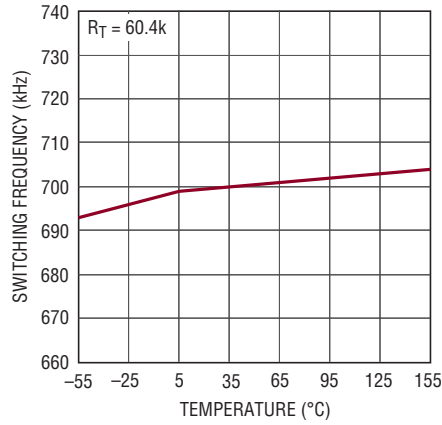
標準的性能特性

ドロップアウト電圧



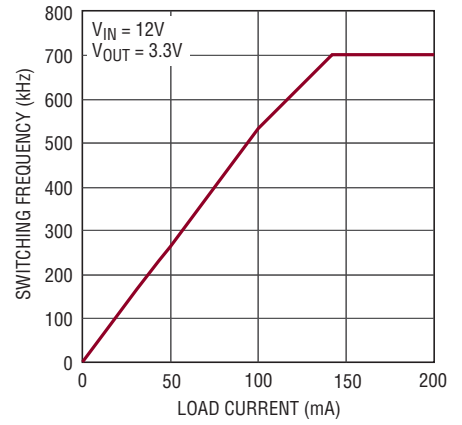
8611 G19

スイッチング周波数



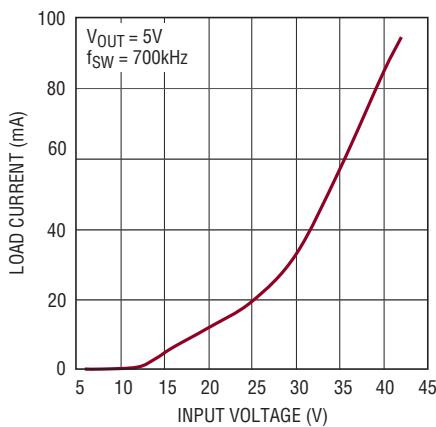
8611 G20

バースト周波数



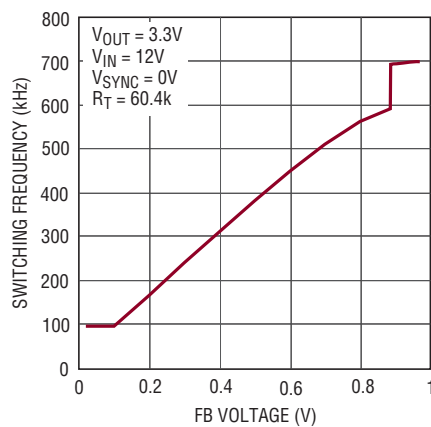
8611 G21

最大周波数に達する最小負荷
(SYNCピンの電圧はDCで“H”)



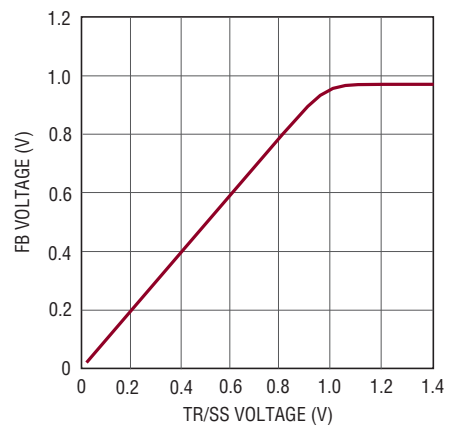
8611 G22

周波数フォールドバック



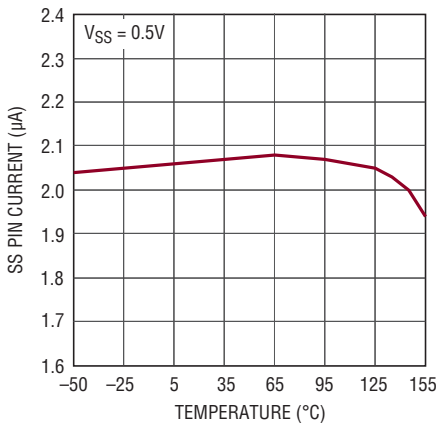
8611 G23

ソフトスタートおよび
トラッキングの電圧



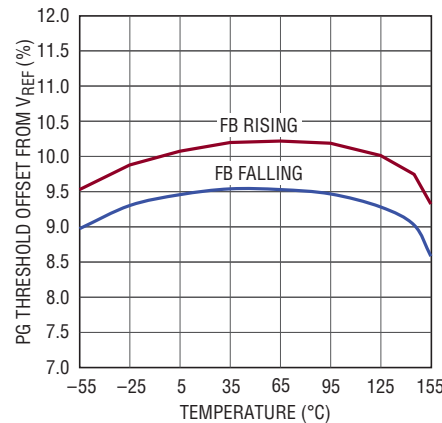
8611 G24

ソフトスタート・ピンの電流



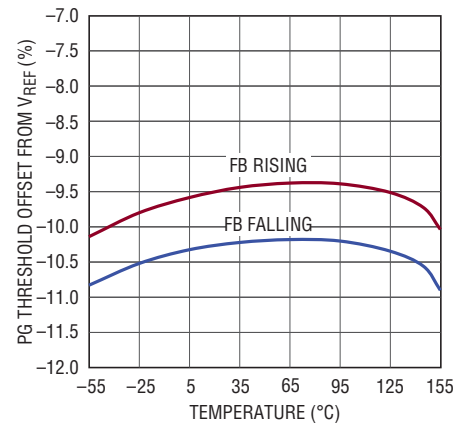
8611 G25

PGピンの“H”しきい値



8611 G26

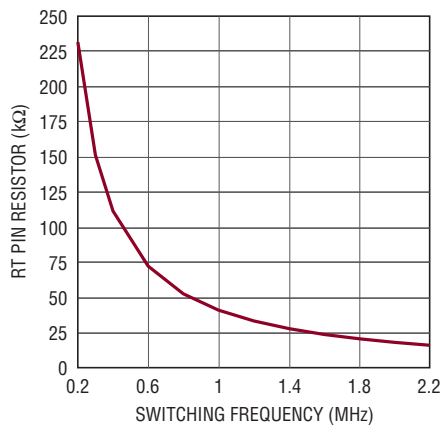
PGピンの“L”しきい値



8611 G27

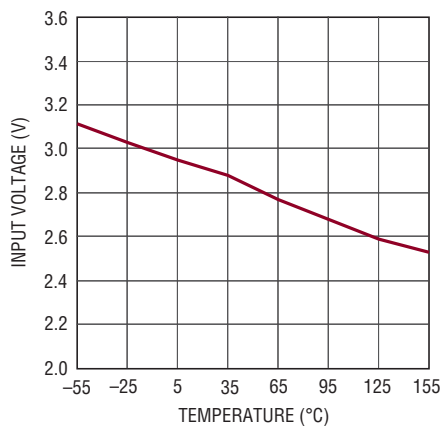
標準的性能特性

RTで設定したスイッチング周波数



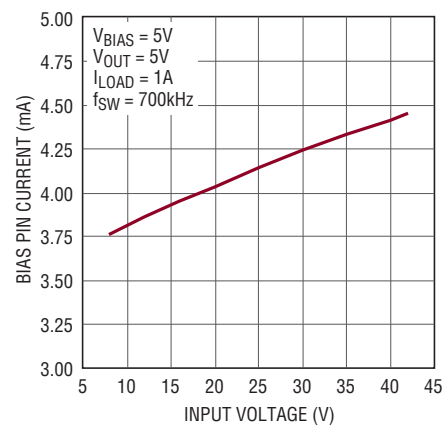
8611 G28

V_{IN}の低電圧ロックアウト



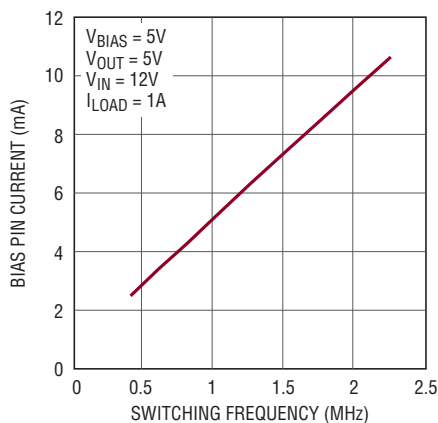
8611 G29

BIASピンの電流



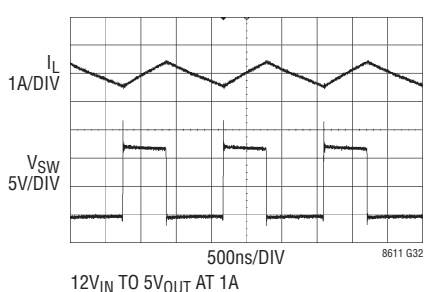
8611 G30

BIASピンの電流



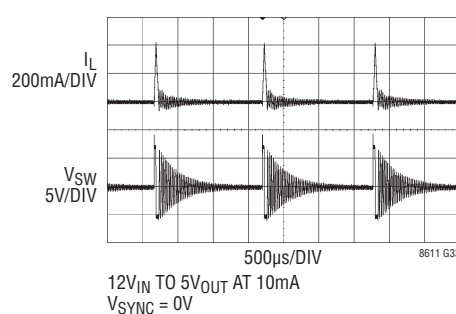
8611 G31

スイッチング波形



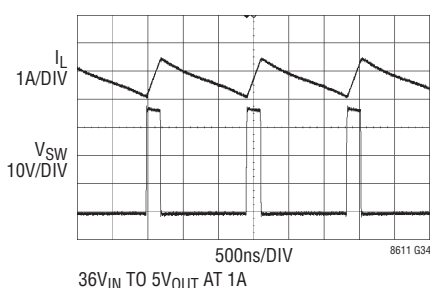
8611 G32

スイッチング波形



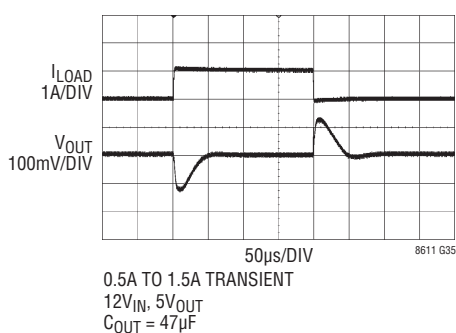
8611 G33

スイッチング波形



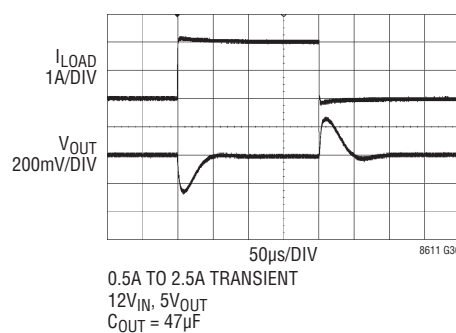
8611 G34

トランジェント応答



8611 G35

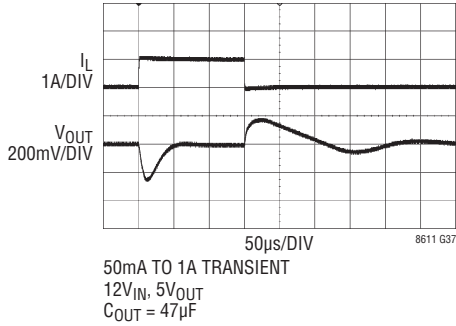
トランジェント応答



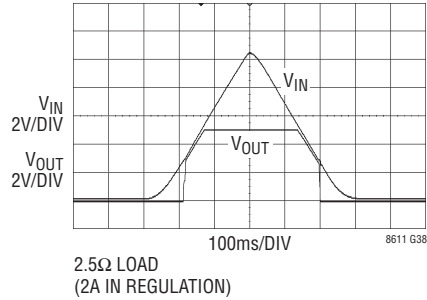
8611 G36

標準的性能特性

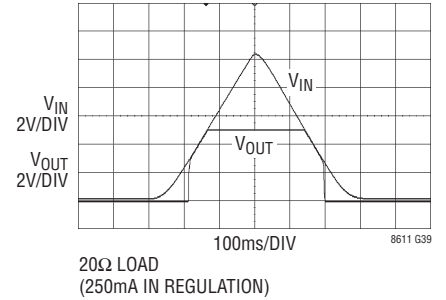
トランジェント応答



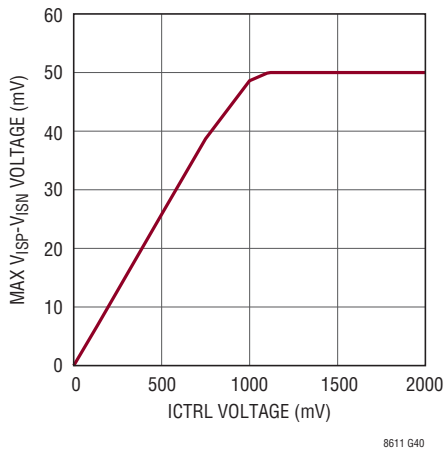
起動時のドロップアウト特性



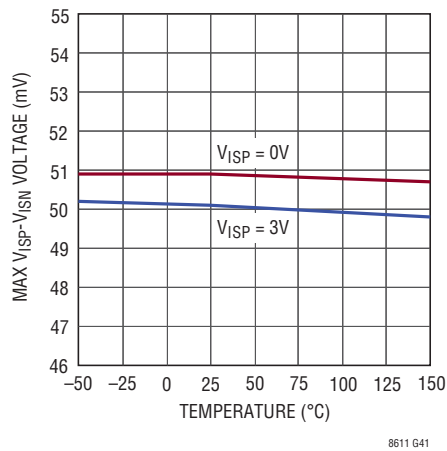
起動時のドロップアウト特性



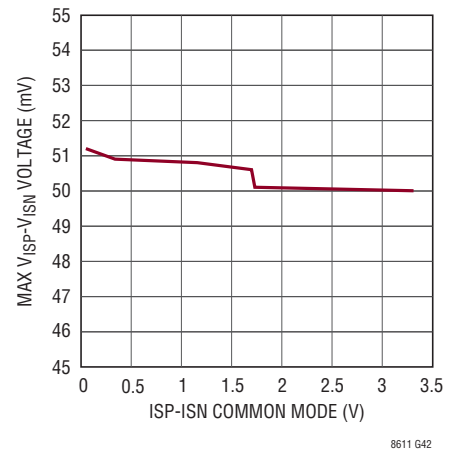
ICTRL ピンの電圧



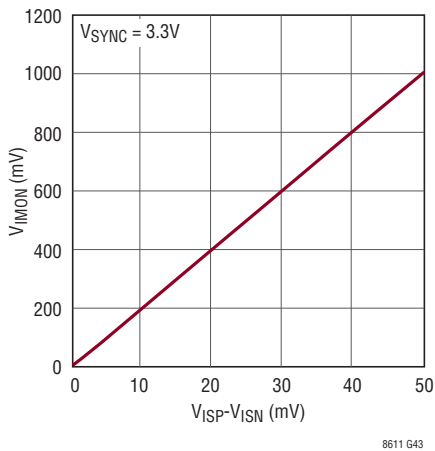
VISP-VISN 間の検出電圧



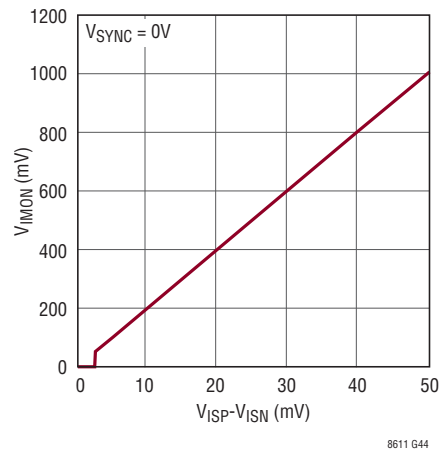
VISP-VISN 間の検出電圧



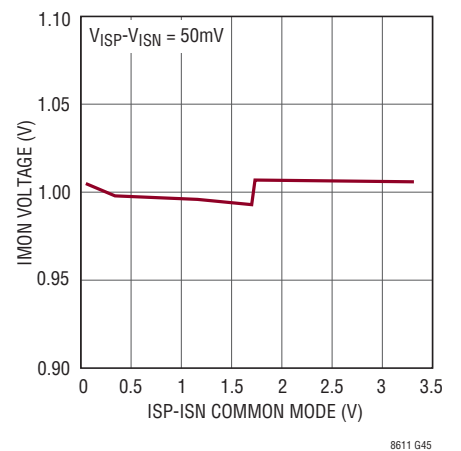
IMON ピンの電圧



IMON ピンの電圧



IMON ピンの電圧



ピン機能

SYNC (ピン1) : 外部クロックの同期入力。低出力負荷での低リップル Burst Mode 動作では、このピンを接地します。外部クロックの周波数に同期させるには、クロック信号源に接続します。パルス・スキップ・モードにする場合は、3V 以上の DC 電圧を印加するか、INTV_{CC} ピンに接続します。パルス・スキップ・モードでは、I_Q が数百 μ A まで増加します。SYNC ピンの電圧を DC で“H”にするか(外部クロックに)同期させると、周波数フォールドバックはディスエーブルされます。このピンはフロート状態にしないでください。

TR/SS (ピン2) : 出力トラッキングおよびソフトスタート・ピン。このピンを使用すると、起動時にユーザーが出力電圧の上昇速度を制御できます。TR/SS ピンの電圧が 0.97V より低くなると、LT8611 は FB ピンの電圧を安定化して TR/SS ピンの電圧と等しくなるよう動作します。TR/SS ピンの電圧が 0.97V より高くなると、トラッキング機能がディスエーブルされ、内部リファレンスによってエラーアンプの制御が再開されます。このピンには INTV_{CC} から 2.2 μ A の内部プルアップ電流が流れるので、コンデンサを接続して出力電圧のスルーレートを設定できます。このピンは、シャットダウン時およびフォルト状態では内部の 230 Ω MOSFET によってグラウンド電位になるので、低インピーダンス出力で駆動する場合は直列抵抗を使用してください。トラッキング機能が必要ない場合は、このピンをフロート状態のままにしておいてもかまいません。

RT (ピン3) : RT ピンとグラウンドの間に抵抗を接続して、スイッチング周波数を設定します。

EN/UV (ピン4) : LT8611 は、このピンが“L”のときシャットダウン状態になり、このピンが“H”のときアクティブになります。ヒステリシスのあるしきい値電圧は上昇時 1.00V、下降時 0.96V です。シャットダウン機能を使用しない場合は、V_{IN} に接続してください。V_{IN} ピンから外付け抵抗分割器を接続すると、LT8611 がシャットダウンする V_{IN} しきい値を設定できます。

V_{IN} (ピン5、6) : V_{IN} ピンからは LT8611 の内部回路と内蔵の上側パワー・スイッチに電流が供給されます。これらのピンは互いに接続し、短い距離でバイパスする必要があります。入力コンデンサの正端子は V_{IN} ピンのできるだけ近くに配置し、入力コンデンサの負端子は PGND ピンのできるだけ近くに配置するようにしてください。

PGND (ピン7、ピン8) : パワー・スイッチのグラウンド。これらのピンは内蔵の下側パワー・スイッチの帰路であり、互いに接続する必要があります。入力コンデンサの負端子は PGND ピンのできるだけ近くに配置してください。

NC (ピン9、10、11、12) : 接続なし。これらのピンは内部回路には接続されていません。露出パッドの GND が最上層の GND 銅パターンまで伸びて熱性能を向上することができるように、これらのピンは GND に接続することを推奨します。

SW (ピン13、14、15) : SW ピンは内部パワー・スイッチの出力です。これらのピンは互いに接続し、インダクタおよび昇圧コンデンサに接続します。優れた性能を得るため、プリント回路基板上でのこのノードの面積は小さくなるようにしてください。

BST (ピン16) : このピンは、入力電圧より高い駆動電圧を上側のパワー・スイッチに供給するために使用します。0.1 μ F の昇圧コンデンサをできるだけデバイスの近くに配置してください。

INTV_{CC} (ピン17) : 内蔵の 3.4V レギュレータのバイパス・ピン。内部パワー・ドライバおよび制御回路はこの電圧から電力を供給されます。INTV_{CC} の最大出力電流は 20mA です。INTV_{CC} ピンには外部回路による負荷をかけないでください。INTV_{CC} の電流は、V_{BIAS} > 3.1V の場合は BIAS ピンから供給され、そうでない場合は V_{IN} ピンから供給されます。V_{BIAS} が 3.0V ~ 3.6V の範囲の場合、INTV_{CC} ピンの電圧は 2.8V ~ 3.4V の範囲で変化します。このピンは、1 μ F 以上の低 ESR セラミック・コンデンサをデバイスの近くに配置して、電源グラウンドから分離してください。

BIAS (ピン18) : BIAS ピンを 3.1V より高い電圧に接続すると、内部レギュレータには BIAS ピンから電流が流れ、V_{IN} ピンからは流れません。出力電圧が 3.3V 以上の場合、このピンは V_{OUT} に接続してください。このピンを V_{OUT} 以外の電源に接続する場合は、このピンの近くに 1 μ F のバイパス・コンデンサを使用してください。

PG (ピン19) : PG ピンは内部コンパレータのオープン・ドレイン出力です。PG ピンのレベルは、フォルト状態が存在せず、FB ピンが最終レギュレーション電圧の $\pm 9\%$ の範囲内に入るまで“L”のままです。PG ピンのレベルは、EN/UV ピンの状態に関係なく、V_{IN} ピンの電圧が 3.4V より高い場合に有効です。

FB (ピン20) : LT8611 は FB ピンの電圧を 0.970V に安定化します。帰還抵抗分割器のタップをこのピンに接続します。また、位相進みコンデンサを FB ピンと V_{OUT} の間に接続します。通常、このコンデンサの値は 4.7pF ~ 10pF です。

ISP (ピン21) : 電流検出(+)ピン。これは電流検出アンプの非反転入力です。

LT8611

ピン機能

ISN (ピン 22) : 電流検出(-)ピン。これは電流検出アンプの反転入力です。

IMON (ピン 23) : 電流に比例するモニタの出力。このピンでは、次式が成り立つように、ISPピンとISNピンの間の電圧を20倍した電圧が生成されます。

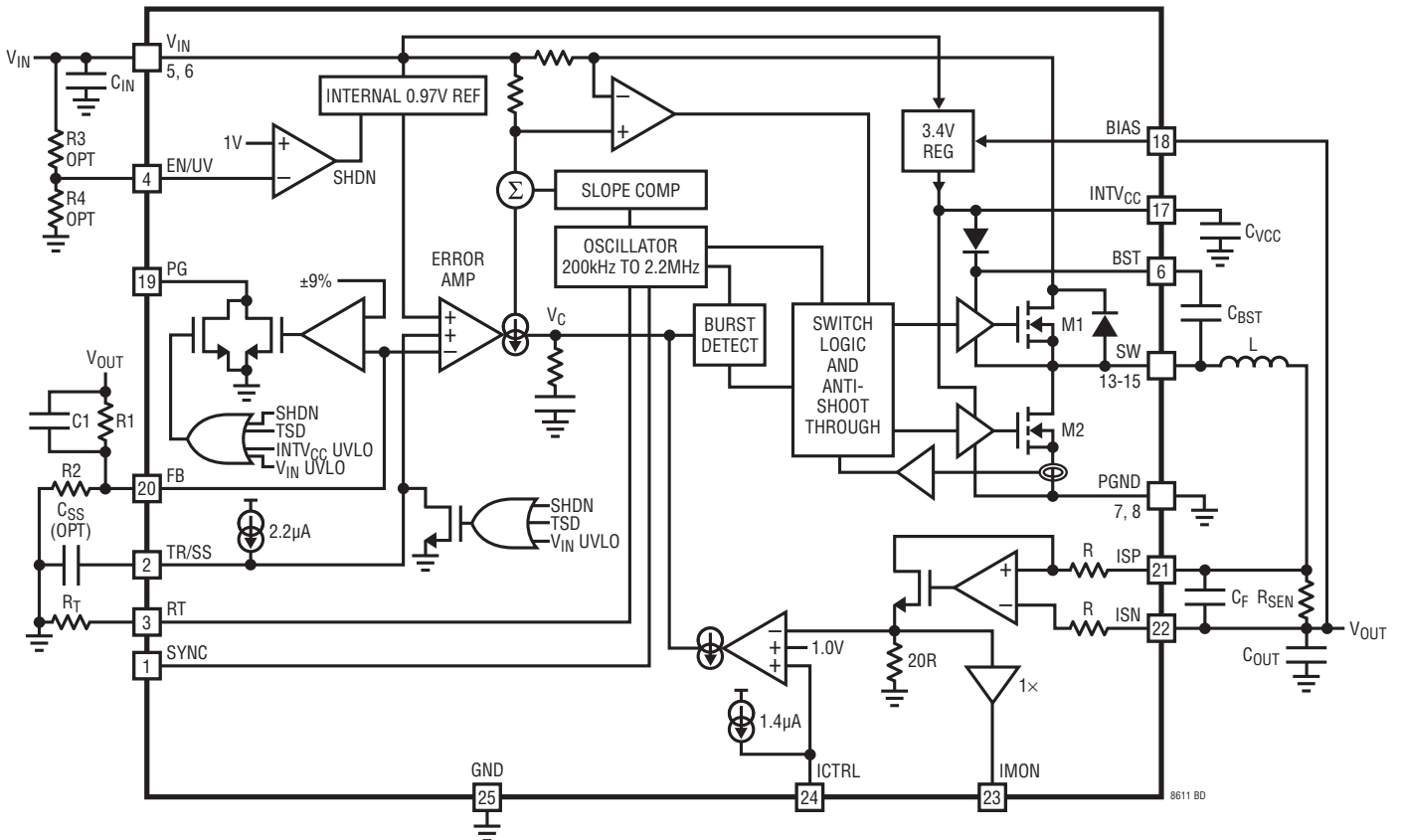
$$V_{IMON} = 20 \cdot (V_{ISP} - V_{ISN})$$

IMONピンでは、200 μ Aのソース電流と10 μ Aのシンク電流が可能です。IMONピンを使用しない場合は、フロート状態にしてください。

ICTRL (ピン 24) : 電流調整ピン。ICTRLピンで調整するのは、LT8611の出力電流が減少する前の、ISP-ISNピン間電圧降下の最大値です。INTV_{CC}に直接接続するか、フロート状態にしてフルスケールのISP-ISNピン間しきい値である50mVにするか、またはGND~1Vの範囲の電圧を印加して電流制限値を調整します。このピンには内部から1.4 μ Aのプルアップ電流が流れます。使用しない場合は、フロート状態にするか、INTV_{CC}に接続してください。

GND (露出パッドのピン 25) : グランド。露出パッドは、入力コンデンサの負端子に接続し、熱抵抗を小さくするためにプリント回路基板に半田付けする必要があります。

ブロック図



動作

LT8611はモノリシック、固定周波数、電流モードの降圧DC/DCコンバータです。RTピンに接続する抵抗を使用して周波数を設定する発振器により、各クロック・サイクルの開始時に内蔵の上側パワー・スイッチがオンします。次に、インダクタを流れる電流が増加して上側スイッチの電流コンパレータが作動し、上側のパワー・スイッチがオフします。上側スイッチがオフするときのピーク・インダクタ電流は、内部VCノードの電圧によって制御されます。エラーアンプは、 V_{FB} ピンの電圧を0.97Vの内部リファレンスと比較することによってVCノードをサーボ制御します。負荷電流が増加すると、帰還電圧はリファレンスと比較して低くなるので、エラーアンプによってVCの電圧が上昇し、平均インダクタ電流が新たな負荷電流に釣り合うまで上昇し続けます。上側パワー・スイッチがオフすると、同期パワー・スイッチがオンし、次のクロック・サイクルが始まるか、インダクタ電流が0に減少するまでオンのままになります。過負荷状態によって3.3Aを超える電流が下側スイッチに流れると、スイッチ電流が安全なレベルに戻るまで次のクロック・サイクルは遅延します。

LT8611は、ISN、ISP、IMON、およびICTRLピンを使用した電流制御およびモニタリングのループを内蔵しています。ISP/ISNピンは外付けの検出抵抗両端の電圧をモニタしており、VCノードの電圧によって制御されるピーク・インダクタ電流を制限することにより、 $V_{ISP}-V_{ISN}$ が50mVを超えないようにします。電流検出アンプの入力(ISP/ISN)範囲は、入力電流、出力電流、またはその他のシステム電流をモニタして安定化できるように、レール・トゥ・レールになっています。IMONピンから出力されるグラウンド基準の電圧は、ISP-ISNピン間電圧の20倍に等しく、システム電流のモニタを目的としています。ICTRLピンは、ISP-ISNピン間の50mVという内部制限値を、電流制御ループの下側設定値に変更するときに使用できます。

EN/UVピンが“L”の場合、LT8611はシャットダウンし、入力から1 μ Aが流れます。EN/UVピンの電圧が1Vを超えると、スイッチング・レギュレータはアクティブになります。

軽負荷での効率を最適化するため、LT8611は軽負荷の状態ではBurst Modeで動作します。バーストとバーストの間は、出力スイッチの制御に関連したすべての回路がシャットダウンし、入力電源電流が1.7 μ Aに減少します。標準的なアプリケーションでは、無負荷で安定化する場合、入力電源から2.5 μ Aが消費されます。Burst Mode動作を使用する場合はSYNCピンを“L”に接続します。SYNCピンをロジック“H”に接続すると、パルス・スキップ・モードを使用することができます。SYNCピンにクロックを入力すると、デバイスは外部クロックの周波数に同期し、パルス・スキップ・モードで動作します。パルス・スキップ・モードの間、発振器は連続して動作し、スイッチング波形の正の遷移がクロックに合わせられます。軽負荷時は、スイッチ・パルスがスキップされて出力が安定化され、静止電流は数百 μ Aになります。

あらゆる負荷にわたって効率を改善するため、BIASピンのバイアス電圧を3.3V以上にする場合は、内部回路に流れる電源電流をBIASピンから供給することができます。BIASピン電圧が3.3Vより低い場合は、 V_{IN} からの電流が内部回路に流れます。LT8611の出力を3.3V以上に設定する場合は、BIASピンを V_{OUT} に接続してください。

出力電圧が設定値から $\pm 9\%$ (標準)より大きく変化する場合や、フォルト状態が存在する場合は、FBピンの電圧をモニタするコンパレータによってPGピンは“L”になります。

FBピンの電圧が低いと、発振器がLT8611の動作周波数を低下させます。この周波数フォールドバック機能は、(起動時や過電流状態時に)出力電圧が設定値より低くなった場合に、インダクタ電流を制御するのに役立ちます。SYNCピンにクロックを入力するか、SYNCピンの状態をDC“H”に保持すると、周波数フォールドバックはディスエーブルされ、スイッチング周波数は過電流状態のときにのみ低下するようになります。

アプリケーション情報

超低静止電流の達成

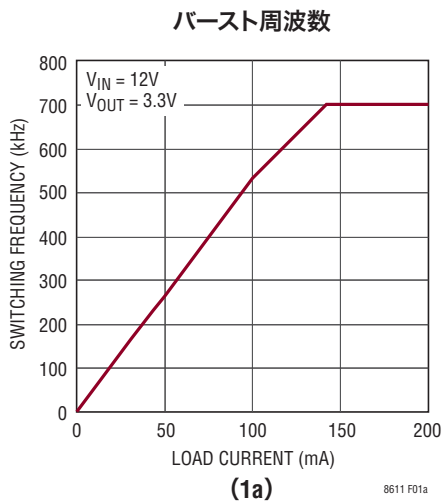
軽負荷での効率を上げるため、LT8611は低リップルのBurst Modeで動作し、入力静止電流と出力電圧リップルを最小に抑えながら、出力コンデンサを目的の出力電圧に充電した状態に保ちます。Burst Mode動作では、LT8611は単一の小電流パルスを出力コンデンサに供給し、それに続くスリープ期間には出力コンデンサから出力電力が供給されます。スリープ・モード時にLT8611が消費する電流は1.7 μ Aです。

出力負荷が減少すると、単一電流パルスの周波数が低下し(図1aを参照)、LT8611がスリープ・モードで動作する時間の割合が高まるので、軽負荷での効率が標準的なコンバータよりもはるかに高くなります。パルス間の時間を最大にすると、出力負荷

がない場合、標準的なアプリケーションでのコンバータの静止電流は2.5 μ Aに近づきます。したがって、軽負荷時の静止電流の性能を最適化するには、帰還抵抗分割器の電流を最小限に抑える必要があります。この電流は負荷電流として出力に現れるからです。

Burst Mode動作時は上側スイッチの電流制限値が約400mAなので、図2に示すような出力電圧リップル波形が得られます。出力リップルは、出力容量を大きくするとそれに比例して減少します。負荷が0から次第に増加すると、それに応じてスイッチング周波数も増加しますが、図1aに示すように、RTピンに接続した抵抗で設定されるスイッチング周波数が上限です。LT8611が設定周波数に達する出力負荷は、入力電圧、出力電圧、およびインダクタをどう選択するかによって変わります。

アプリケーションによっては、LT8611がパルス・スキップ・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode動作とは大きく異なる点が2つあるからです。1つ目は、クロックが常時動作していて、すべてのスイッチング・サイクルがクロックに同期していることです。このモードでは、内部回路の多くが常時動作しているので、静止電流が数百 μ Aまで増加します。2つ目は、Burst Mode動作よりも軽い出力負荷で最大スイッチング周波数に達することです(図1b参照)。パルス・スキップ・モードをイネーブルするには、SYNCピンをロジック出力またはINTV_{CC}ピンに接続して“H”レベルにします。SYNCピンにクロックを入力した場合にも、LT8611はパルス・スキップ・モードで動作するようになります。



最大周波数に達する最小負荷 (SYNCピンの電圧はDCで“H”)

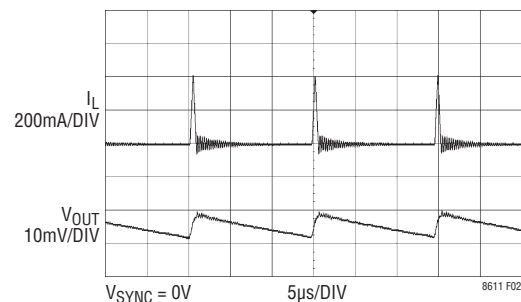
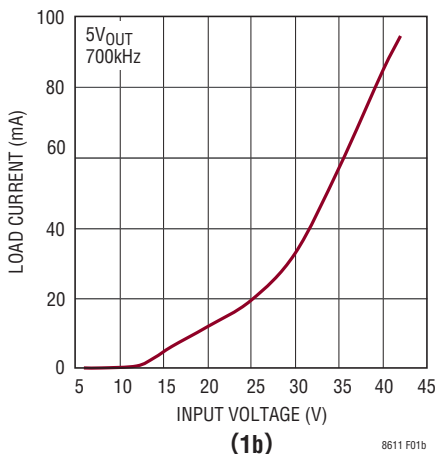


図2. Burst Mode動作

図1. Burst Mode動作(1a)およびパルス・スキップ・モード(1b)でのスイッチング周波数と負荷の情報

アプリケーション情報

FBピンの抵抗回路網

出力電圧は、出力とFBピンの間に接続した抵抗分割器を使用して設定します。次式に従って抵抗の値を選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.970V} - 1 \right) \quad (1)$$

参照名については「ブロック図」を参照してください。出力電圧の精度を保つため、1%精度の抵抗を推奨します。

入力静止電流を小さくして軽負荷時の効率を良好にする場合は、FBピンの抵抗分割器に大きな値の抵抗を使用します。分割器に流れる電流は負荷電流の役割を果たすので、コンバータへの無負荷時入力電流が増加します。この値は次式で概算されます。

$$I_Q = 1.7\mu A + \left(\frac{V_{OUT}}{R1 + R2} \right) \left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \left(\frac{1}{n} \right) \quad (2)$$

ここで、1.7μAはLT8611の静止電流、第2項は軽負荷時の効率がnのとき降圧動作の入力に反映される帰還抵抗分割器の電流です。R1 = 1M、R2 = 412kの3.3Vアプリケーションでは、帰還抵抗分割器に2.3μAが流れます。VIN = 12Vおよびn = 80%の場合は、1.7μAの静止電流に0.8μAが加わるので、12V電源から流れる無負荷時電流は2.5μAになります。この式は無負荷時電流がVINの関数であることを意味します。このグラフは「標準的性能特性」のセクションに示してあります。

大きなFB抵抗を使用する場合は、4.7pF ~ 10pFの位相進みコンデンサをVOUTとFBピンの間に接続してください。

スイッチング周波数の設定

LT8611では、RTピンとグラウンドの間に接続した1本の抵抗を使用して200kHz ~ 2.2MHzの範囲でスイッチングするよう設定できる固定周波数のPWMアーキテクチャが採用されています。目的のスイッチング周波数に必要なRTの値を表1に示します。

目的のスイッチング周波数を得るために必要なRTの抵抗値は次式を使用して計算できます。

$$R_T = \frac{46.5}{f_{SW}} - 5.2 \quad (3)$$

ここで、RTの単位はkΩ、fswは目的のスイッチング周波数で単位はMHzです。

表1. スwitching周波数とRTの値

fsw (MHz)	RT (kΩ)
0.2	232
0.3	150
0.4	110
0.5	88.7
0.6	71.5
0.7	60.4
0.8	52.3
1.0	41.2
1.2	33.2
14	28.0
1.6	23.7
1.8	20.5
2.0	18.2
2.2	15.8

動作周波数の選択と交換条件

動作周波数の選択には、効率、部品サイズ、および入力電圧範囲の間の交換条件が存在します。高周波数動作の利点は、小さな値のインダクタとコンデンサを使用できることです。欠点は効率が低いことと、入力電圧範囲が狭いことです。

与えられたアプリケーションでの最大スイッチング周波数 (fsw(MAX)) は、次のように計算することができます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{t_{ON(MIN)} (V_{IN} - V_{SW(TOP)} + V_{SW(BOT)})} \quad (4)$$

ここで、VINは標準の入力電圧、VOUTは出力電圧、Vsw(TOP)およびVsw(BOT)は内蔵スイッチの電圧降下(最大負荷時にそれぞれ約0.3V、0.15V)、ton(MIN)は上側スイッチの最小オン時間です(「電気的特性」を参照)。この式は、高いVIN/VOUT比に対応するには、スイッチング周波数を下げる必要があることを示しています。

トランジェント動作では、RTの値に関係なく、VINが42Vの絶対最大定格まで上昇する可能性があります。LT8611では、必要に応じてスイッチング周波数を減少することにより、インダクタ電流の制御を維持して安全な動作を保証します。

アプリケーション情報

LT8611は99%を超える最大デューティ・サイクルが可能であり、 V_{IN} - V_{OUT} 間のドロップアウト電圧は上側スイッチの $R_{DS(ON)}$ で制限されます。このモードでは、LT8611はスイッチ・サイクルをスキップするので、スイッチング周波数はRTで設定した周波数よりも低くなります。

V_{IN}/V_{OUT} 比が低いときに、設定スイッチング周波数からの偏差を許容できないアプリケーションの場合は、次式を使用してスイッチング周波数を設定します。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{1 - f_{SW} \cdot t_{OFF(MIN)}} - V_{SW(BOT)} + V_{SW(TOP)} \quad (5)$$

ここで、 $V_{IN(MIN)}$ はスキップされたサイクルがない場合の最小入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(TOP)}$ および $V_{SW(BOT)}$ は内部スイッチの電圧降下(最大負荷時にそれぞれ約0.3V、約0.15V)、 f_{SW} は(RTによって設定された)スイッチング周波数、 $t_{OFF(MIN)}$ は最小スイッチ・オフ時間です。スイッチング周波数が高くなると、サイクル数を減少させて高いデューティ・サイクルを実現できる入力電圧の最小値が高くなることに注意してください。

インダクタの選択と最大出力電流

LT8611は、アプリケーションの出力負荷要件に基づいてインダクタを選択できるようにすることで、ソリューション・サイズを最小限に抑えるよう設計されています。LT8611では、高速ピーク電流モード・アーキテクチャの採用により、過負荷状態または短絡状態のときに、飽和したインダクタを使用した動作が安全に許容されます。

最初に選択するインダクタの値としては、次の値が適切です。

$$L = \frac{V_{OUT} + V_{SW(BOT)}}{f_{SW}} \quad (6)$$

ここで、 f_{SW} はスイッチング周波数(MHz)、 V_{OUT} は出力電圧、 $V_{SW(BOT)}$ は下側スイッチの電圧降下(約0.15V)、 L はインダクタの値(μH)です。

過熱や効率低下を防ぐため、インダクタは、その実効値電流定格がアプリケーションの予想最大出力負荷より大きいものを選択する必要があります。さらに、(通常は I_{SAT} と表示される)インダクタの飽和電流定格は、負荷電流にインダクタのリップル電流の1/2を加えた値より大きくなければなりません。

$$I_{L(PEAK)} = I_{LOAD(MAX)} + \frac{1}{2} \Delta I_L \quad (7)$$

ここで、 ΔI_L は式9で計算されるインダクタのリップル電流、 $I_{LOAD(MAX)}$ はある特定のアプリケーションの最大出力負荷です。

簡単な例として、1Aの出力を必要とするアプリケーションでは、実効値定格が1Aより大きく I_{SAT} が1.3Aより大きいインダクタを使用します。過負荷状態または短絡状態が長時間に及ぶ場合は、インダクタの過熱を防ぐため、インダクタの実効値定格は大きくなります。高い効率を保つには、直列抵抗(DCR)が 0.04Ω より小さく、コア材が高周波アプリケーション向けのものにする必要があります。

LT8611は、スイッチとシステムを過負荷フォルトから保護するためにピーク・スイッチ電流を制限します。上側スイッチの電流制限値(I_{LIM})は、デューティ・サイクルが低いときは3.5A以上ですが、デューティ・サイクルが80%になると、直線的に減少して2.8Aになります。したがって、インダクタの値は目的の最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)を供給するのに十分な大きさにする必要があります。この電流は、スイッチ電流制限値(I_{LIM})およびリップル電流の関数です。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \frac{\Delta I_L}{2} \quad (8)$$

インダクタのピーク・トゥ・ピークのリップル電流は次のように計算できます。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L \cdot f_{SW}} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right) \quad (9)$$

ここで、 f_{SW} はLT8611のスイッチング周波数で、 L はインダクタの値です。したがって、LT8611が供給できる最大出力電流は、スイッチ電流制限値、インダクタの値、入力電圧、および出力電圧に依存します。目的のアプリケーションで使用されるスイッチング周波数と最大入力電圧が与えられているとき、インダクタのリップル電流が十分な最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)を許容しない場合は、インダクタの値を大きくする必要が生じる可能性があります。

特定のアプリケーションに最適なインダクタは、この設計ガイドで示されているものとは異なる場合があります。インダクタの値を大きくすると最大負荷電流が増加し、出力電圧リップルが減少します。必要な負荷電流が小さいアプリケーションでは、インダクタの値を小さくすることが可能であり、LT8611を大きいリップル電流で動作させることができます。このため、

アプリケーション情報

物理的に小さいインダクタを使用することや、DCRの小さいものを使用して効率を高めることができます。インダクタンスが小さいと不連続モード動作になることがあり、最大負荷電流がさらに減少するので注意してください。

最大出力電流と不連続動作の詳細については、弊社の「アプリケーションノート44」を参照してください。

最後に、デューティ・サイクルが50%を超える場合 ($V_{OUT}/V_{IN} > 0.5$) は、低調波発振を防ぐためにインダクタンスを最小限に抑える必要があります。「アプリケーションノート19」を参照してください。

入力コンデンサ

LT8611回路の入力は、X7RタイプまたはX5Rタイプのセラミック・コンデンサを V_{IN} ピンとPGNDピンのできるだけ近くに配置してバイパスします。Y5Vタイプは、温度や印加される電圧が変化すると性能が低下するので使用しないでください。LT8611をバイパスするには4.7 μ F～10 μ Fのセラミック・コンデンサが適しており、リップル電流を容易に処理できます。低いスイッチング周波数を使用すると、大きな入力容量が必要になることに注意してください。入力電源のインピーダンスが高いか、長い配線やケーブルによる大きなインダクタンスが存在する場合、追加のバルク容量が必要になることがあります。これには性能の高くない電解コンデンサを使うことができます。

降圧レギュレータには、立ち上がり時間と立ち下がり時間が非常に短いパルス電流が入力電源から流れます。その結果として生じるLT8611での電圧リップルを減らし、周波数が非常に高いこのスイッチング電流を狭い範囲のループに押し込めてEMIを最小限に抑えるためには、入力コンデンサが必要です。4.7 μ Fのコンデンサがこの役割を果たすことができますが、LT8611の近くに配置した場合に限ります（「プリント回路基板のレイアウト」のセクションを参照）。セラミックの入力コンデンサに関する2つ目の注意点は、LT8611の最大入力電圧定格

に関することです。セラミックの入力コンデンサは、トレースやケーブルのインダクタンスと結合して、質の良い（減衰の小さな）タンク回路を形成します。LT8611の回路を通電中の電源に差し込むと、入力電圧に公称値の2倍のリングングが生じてLT8611の電圧定格を超える恐れがあります。ただし、この状況は簡単に回避できます（弊社の「アプリケーションノート88」を参照）。

出力コンデンサと出力リップル

出力コンデンサには2つの基本的な機能があります。出力コンデンサは、インダクタとともに、LT8611が発生する方形波をフィルタに通してDC出力を生成します。この機能では出力コンデンサが出力リップルを決定するので、スイッチング周波数でのインピーダンスが低いことが重要です。2番目の機能は、トランジェント負荷に電流を供給してLT8611の制御ループを安定させるためにエネルギーを蓄えることです。セラミック・コンデンサの等価直列抵抗(ESR)は非常に小さいため、最高のリップル性能が得られます。出発点にふさわしい値については、「標準的応用例」のセクションを参照してください。

X5RまたはX7Rのタイプを使用してください。この選択により、出力リップルが小さくなり、トランジェント応答が良くなります。大きな値の出力コンデンサを使用し、 V_{OUT} とFBピンの間にフィードフォワード・コンデンサを追加することにより、トランジェント性能を改善することができます。また、出力容量を大きくすると出力電圧リップルが減少します。値の小さい出力コンデンサを使用すればスペースとコストを節約できますが、トランジェント性能が低下し、ループが不安定になる可能性があります。コンデンサの推奨値については、このデータシートの「標準的応用例」を参照してください。

コンデンサを選択するときには、データシートに特に注意して、電圧バイアスと温度の該当する動作条件での実効容量を計算してください。物理的に大きなコンデンサまたは電圧定格が高いコンデンサが必要なことがあります。

アプリケーション情報

イネーブル・ピン

LT8611は、ENピンが“L”のときシャットダウン状態になり、ENピンが“H”のときアクティブになります。ENコンパレータの上昇時しきい値は1.0Vで、40mVのヒステリシスがあります。ENピンは、シャットダウン機能を使用しない場合にはV_{IN}に接続できます。シャットダウン制御が必要な場合は、ロジック・レベルに接続できます。

抵抗分割器をV_{IN}とENピンの間に追加すると、LT8611は、V_{IN}が目的の電圧より高くなった場合にのみ出力を安定化するように設定されます(「ブロック図」を参照)。通常、このしきい値(V_{IN(EN)})は、入力電源が電流制限されているか、または入力電源のソース抵抗が比較的高い状況で使用されます。スイッチング・レギュレータは電源から一定の電力を引き出すため、電源電圧が低下するにつれて電源電流が増加します。この現象は電源からは負の抵抗負荷のように見えるため、電源電圧が低い状態では、電源が電流を制限するか、または低電圧にラッチする原因になることがあります。V_{IN(EN)}しきい値は、これらの問題が発生する恐れのある電源電圧でレギュレータが動作するのを防ぎます。このしきい値は、次式を満足するようにR3とR4の値を設定することにより調整することができます。

$$V_{IN(EN)} = \left(\frac{R3}{R4} + 1 \right) \cdot 1.0V \quad (10)$$

この場合は、V_{IN}がV_{IN(EN)}を超えるまでLT8611はオフのままです。コンパレータのヒステリシスのため、入力がV_{IN(EN)}よりわずかに低くなるまでスイッチングは停止しません。

軽負荷電流に対してBurst Modeで動作しているとき、V_{IN(EN)}の抵抗回路網を流れる電流はLT8611が消費する電源電流より簡単に大きくなる場合があります。したがって、V_{IN(EN)}の抵抗を大きくして低負荷での効率に対する影響を最小に抑えてください。

電流制御ループ

LT8611は、出力電圧の安定化機能のほかに、「標準的応用例」のセクションに示すように、入力または出力の平均電流制限値を設定するための電流レギュレーション・ループを備えています。

LT8611は、ISPピンおよびISNピンを使用して、外付けの電流検出抵抗両端の電圧降下を測定します。この抵抗は、出力電流を検出するためにインダクタと出力コンデンサの間に接続

することも、入力電流を検出するためにV_{IN}のバイパス・コンデンサと入力電源の間に接続することもできます。電流レギュレーション・ループは、ISP-ISNピン間の平均電圧が50mVを超えないように、内部スイッチ電流制限値をサイクルごとに調整します。

正確に動作させるために、ISNピンとISPピンに加わる信号のピーク・トゥ・ピークのリップルが30mVより小さくなるように注意を払い、フィルタを使用する必要があります。DC/DCレギュレータの入力電流など、波高率の高い電流波形に加えて、検出抵抗の両端に高いリップル電圧が発生するもう1つの原因は、過度の抵抗ESLです。通常、この問題は、小さなセラミック・コンデンサを検出抵抗と並列に接続するか、ISPピンとISNピンの間にフィルタ回路網を使用すれば解決します。

ICTRLピンを使用すると、図3に示すように、ICTRLピンの電圧を1Vから0Vまで徐々に下げるのに応じて、ISP-ISNピン間の電圧設定値を50mVから0mVまで直線的に制御できます。この機能を使用しない場合、ICTRLピンはINTV_{CC}ピンに接続するか、フロート状態にしておくことができます。さらに、コンデンサを接続してソフトスタート機能を実現できるように、ICTRLピンの内部には2μAのプルアップ電流源があります。

IMONピンは、電流検出抵抗の両端に生じる電圧に比例した電圧出力で、図4に示すようにV_{IMON} = 20 • (ISP-ISN)となります。この出力を使用すると、LT8611の入力電流または出力電流をモニタできます。あるいは、この出力をA/Dコンバータの入力にして処理を継続することもできます。

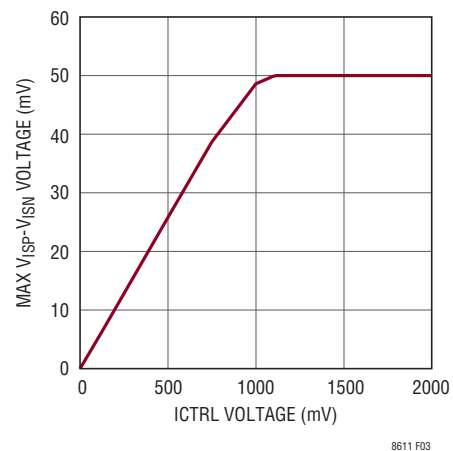


図3. LT8611の検出電圧とICTRLピンの電圧

アプリケーション情報

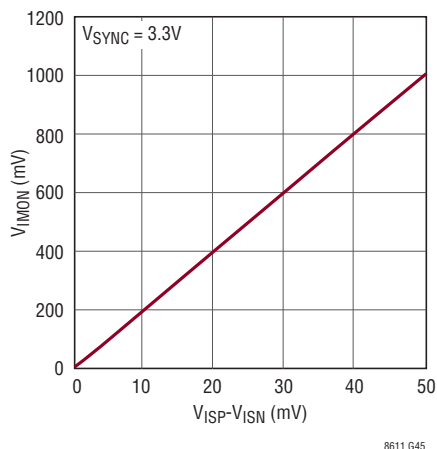


図4. LT8611の検出電圧とIMONピンの電圧

INTV_{CC}レギュレータ

内部の低ドロップアウト(LDO)レギュレータは、 V_{IN} を元にして、ドライバと内部バイアス回路に電力を供給する3.4V電源を生成します。INTV_{CC}は、LT8611の回路に十分な電流を供給可能であり、1 μ F以上のセラミック・コンデンサを使用してグラウンドにバイパスする必要があります。パワー・MOSFETのゲート・ドライバが必要とする大量のトランジェント電流を供給するには、十分なバイパスが必要です。効率を向上するため、BIASピンの電圧が3.1V以上の場合、内蔵のLDOによってBIASピンから電流を流すこともできます。通常、BIASピンはLT8611の出力に接続できますが、3.3V以上の外部電源に接続してもかまいません。BIASピンを V_{OUT} 以外の電源に接続する場合は、デバイスの近くにセラミック・コンデンサを接続してバイパスするようにしてください。BIASピンの電圧が3.0Vより低い場合は、 V_{IN} から流れる電流が内蔵のLDOによって消費されます。入力電圧が高く、スイッチング周波数が高いアプリケーションで、 V_{IN} からの電流が内蔵のLDOに流れ込むアプリケーションでは、LDO内での電力損失が大きい場合ダイ温度が上昇します。INTV_{CC}ピンには外部負荷を接続しないでください。

出力電圧トラッキングとソフトスタート

ユーザーはLT8611のTR/SSピンによってその出力電圧の上昇率を設定することができます。内蔵の2.2 μ A電流源により、TR/SSピンの電圧はINTV_{CC}になります。外付けコンデンサを

TR/SSピンに接続すると、出力をソフトスタートさせて入力電源の電流サージを防ぐことができます。ソフトスタート・ランプの間、出力電圧はTR/SSピンの電圧に比例して追従します。出力トラッキング・アプリケーションでは、別の電圧源によってTR/SSピンを外部から駆動することができます。0V～0.97Vの範囲では、エラー・アンプに入力される0.97Vの内部リファレンスよりTR/SSピンの電圧の方が優先されるので、FBピンの電圧はTR/SSピンの電圧に安定化されます。TR/SSピンの電圧が0.97Vより高くなるとトラッキングはディスエーブルされ、帰還電圧は内部リファレンス電圧に安定化されるようになります。この機能が必要ない場合は、TR/SSピンをフロート状態のままにしておいてもかまいません。

TR/SSピンにはアクティブなプルダウン回路が接続されています。この回路は、フォルト状態が発生すると外付けのソフトスタート・コンデンサを放電し、フォルト状態が解消すると電圧の上昇を再開します。ソフトスタート・コンデンサが放電されるフォルト状態になるのは、EN/UVピンが“L”へ遷移した場合、 V_{IN} の電圧が低下しすぎた場合、またはサーマル・シャットダウンが発生した場合です。

出力パワーグッド

LT8611の出力電圧がレギュレーション点の $\pm 9\%$ の範囲内(つまり、 V_{FB} の電圧が0.883V～1.057V(標準)の範囲内)にある場合、出力電圧は良好な状態であるとみなされ、オープンドレインのPGピンは高インピーダンスになり、通常は外付け抵抗によって“H”になります。そうでない場合は、内部のプルダウン・デバイスにより、PGピンは“L”になります。グリッチの発生を防ぐため、上側と下側のしきい値には、どちらも1.3%のヒステリシスが含まれています。

PGピンは、以下のフォルト状態の間も自動的に“L”になります。それは、EN/UVピンの電圧が1Vより低い、INTV_{CC}が低下しすぎている、 V_{IN} が低すぎる、サーマル・シャットダウンが発生しているというフォルト状態です。

同期

低リップルBurst Mode動作を選択するには、SYNCピンを0.4Vより低い電圧に接続します(これはグラウンドまたはロジック“L”の出力のいずれでもかまいません)。LT8611の発振器を外部周波数に同期させるには、(デューティ・サイクルが20%～80%)の方形波をSYNCピンに接続します。方形波の振幅には、0.4Vより低い谷と2.4Vより高い山(最大6V)が必要です。

アプリケーション情報

LT8611は外部クロックに同期しているときは低出力負荷でBurst Mode動作に入らず、代わりにパルスをスキップしてレギュレーションを維持します。LT8611は200kHz～2.2MHzの範囲にわたって同期させることができます。R_T抵抗は、LT8611のスイッチング周波数を最低同期入力以下に設定するように選択します。たとえば、同期信号が500kHz以上になる場合は、(スイッチング周波数が)500kHzになるようにR_Tを選択します。スロープ補償はR_Tの値によって設定され、低調波発振を防ぐのに必要な最小スロープ補償はインダクタのサイズ、入力電圧、および出力電圧によって決まります。同期周波数はインダクタの電流波形のスロープを変えないので、インダクタがR_Tで設定される周波数での低調波発振を防ぐのに十分な大きさであれば、スロープ補償は全同期周波数で十分です。

アプリケーションによっては、LT8611がパルス・スキップ・モードで動作することが望ましいことがあります。Burst Mode動作とは大きく異なる点が2つあるからです。1つ目は、クロックが常時動作していて、すべてのスイッチング・サイクルがクロックに同期していることです。2つ目は、Burst Mode動作よりも軽い出力負荷で最大スイッチング周波数に達することです。これら2つの違いが生じる代償として、静止電流が増加します。パルス・スキップ・モードをイネーブルするには、SYNCピンをロジック出力またはINTVCCピンに接続して“H”レベルにします。

LT8611は、SYNCピンの信号には関係なく、強制連続モードでは動作しません。SYNCピンは決してフロート状態にはしないでください。

短絡入力と逆入力に対する保護

LT8611は、出力の短絡に耐えることができます。出力短絡状態や出力電圧低下状態時の保護のため、いくつかの機能が使用されています。1つ目は、インダクタ電流制御を維持するために、出力が設定値より低い間はスイッチング周波数が折り返されることです。2つ目は、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合は、インダクタ電流が安全なレベルに減少する時点まで上側スイッチのスイッチングが遅れるように、下側スイッチの電流がモニタされることです。

周波数フォールドバック動作は、以下に示すようにSYNCピンの状態に依存します。SYNCピンが“L”の場合は、スイッチング周波数が低下すると同時に、出力電圧が設定レベルより低くなります。SYNCピンをクロック信号源または“H”に接続すると、LT8611は設定周波数に留まってフォールドバックは発生せず、インダクタ電流が安全なレベルを超えた場合にのみスイッチング速度を低下させます。

LT8611に入力が加わっていないときに出力が高く保たれるシステムでは、考慮すべき状況がもう1つあります。その状況が発生する可能性があるのは、バッテリーや他の電源がLT8611の出力とダイオードOR接続されている、バッテリー充電アプリケーションやバッテリー・バックアップ・システムです。V_{IN}ピンをフロート状態にすることができる場合で、ENピンが(ロジック信号によって、あるいはV_{IN}に接続されているために)“H”に保持されていると、LT8611のSWピンを介してLT8611の内部回路に静止電流が流れます。このことは、システムがこの状態で数μAに耐えられる場合は許容できます。ENピンを接地している場合、SWピンの電流は1μA近くまで減少します。ただし、出力を高く保持した状態でV_{IN}ピンを接地すると、ENピンの状態に関係なく、出力からSWピンおよびV_{IN}ピンを通して、LT8611内部の寄生ボディ・ダイオードに電流が流れる可能性があります。入力電圧が印加されている場合にのみLT8611が動作し、短絡入力や逆入力に対しては保護するV_{IN}ピンとEN/UVピンの接続を図5に示します。

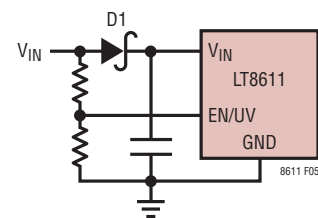


図5. 逆入力保護

アプリケーション情報

プリント回路基板のレイアウト

適切に動作させ、EMIを最小にするには、プリント回路基板のレイアウト時に注意が必要です。推奨部品配置と、トレース、グラウンド・プレーン、およびビアの位置を図6に示します。LT8611のV_{IN}ピン、PGNDピン、および入力コンデンサ(C1)に大量のスイッチング電流が流れることに注意してください。入力コンデンサによって形成されるループは、入力コンデンサをV_{IN}ピンおよびPGNDピンの近くに配置することにより、できるだけ小さくしてください。物理的に大きな入力コンデンサを使用すると、形成されるループが大きくなりすぎる可能性があります。この場合には、筐体/値の小さいコンデンサをV_{IN}ピンおよびPGNDピンの近くに配置して、大型のコンデンサを遠くに配置することを推奨します。これらの部品に加えて、インダクタおよび出力コンデンサは回路基板の同じ側に配置し、その層で接続を行うようにしてください。表面層に最も近い層のアプリケーション回路の下には、デバイス付近にある切れ目のないグラウンド・プレーンを配置します。SW ノードとBOOST ノードはできるだけ小さくします。最後に、グラウンド・トレースがSW ノードとBOOST ノードからFB ノードとRT ノードをシールドするように、FB ノードとRT ノードは小さく保ちます。パッケージ底面の露出パッドは、電気的にはグラウンドに接続され、熱的にはヒートシンクとして機能するように、グラウンドに半田付けする必要があります。熱抵抗を小さく保つには、グラウンド・プレーンをできるだけ広げ、LT8611の下や近くから回路基板内および裏側の追加グラウンド・プレーンまでサーマル・ビアを追加します。

高温に関する検討事項

周囲温度が高めの場合は、プリント回路基板のレイアウトに注意して、LT8611が十分放熱できるようにします。パッケージ底面の露出パッドはグラウンド・プレーンに半田付けする必要があります。このグラウンドは、サーマル・ビアを使用して、下にある広い銅層に接続してください。これらの層は、LT8611が発生する熱を放散します。ビアを追加すると、熱抵抗をさらに減らすことができます。周囲温度が最大接合部温度の定格に近づくと、最大負荷電流をデレーティングします。LT8611内

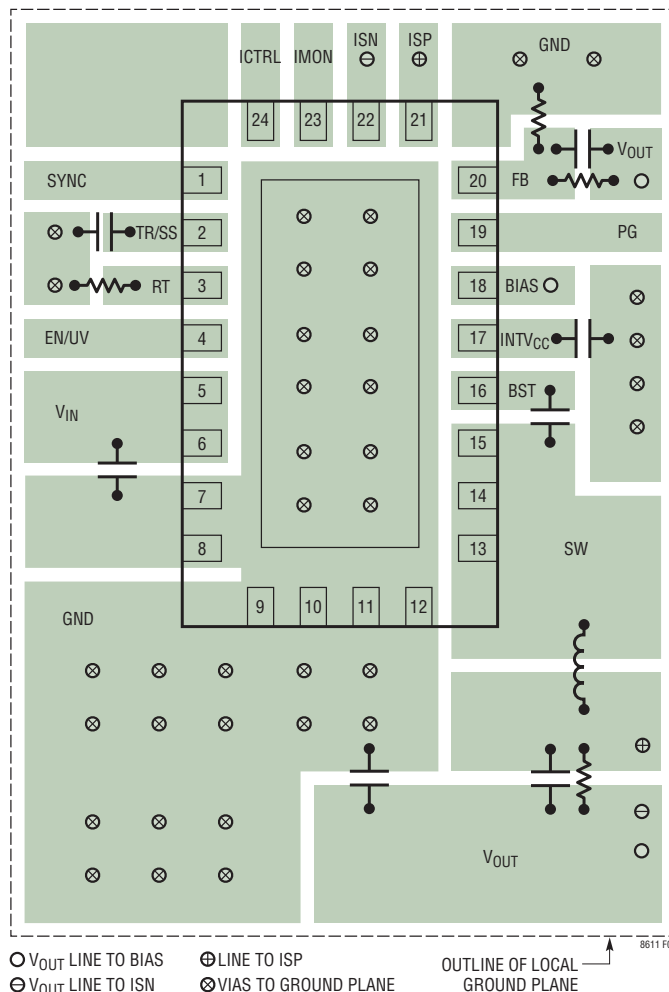
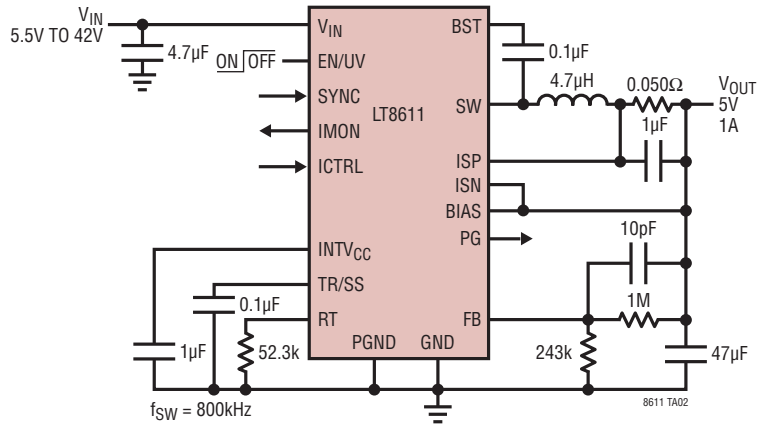


図6. LT8611のプリント回路基板推奨レイアウト

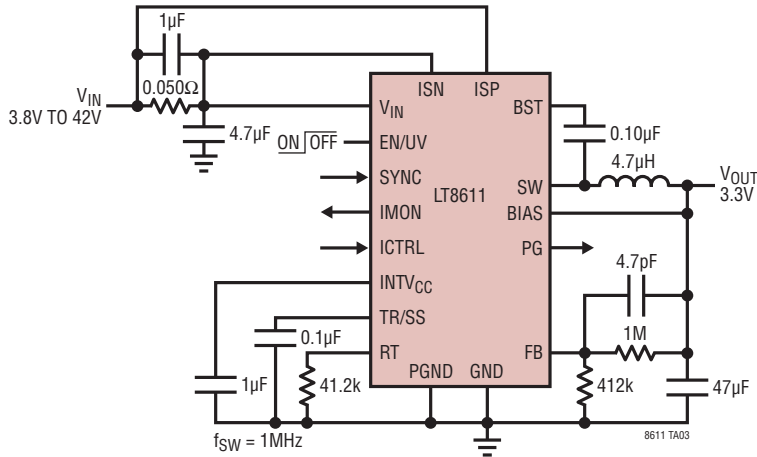
部の電力損失は、効率の測定結果から全電力損失を計算し、それからインダクタの損失を減じることによって推定することができます。ダイ温度は、LT8611の電力損失に、接合部から周囲までの熱抵抗を掛けて計算します。LT8611は、安全な接合部温度を超えると、スイッチングを停止してフォルト状態を示します。

標準的応用例

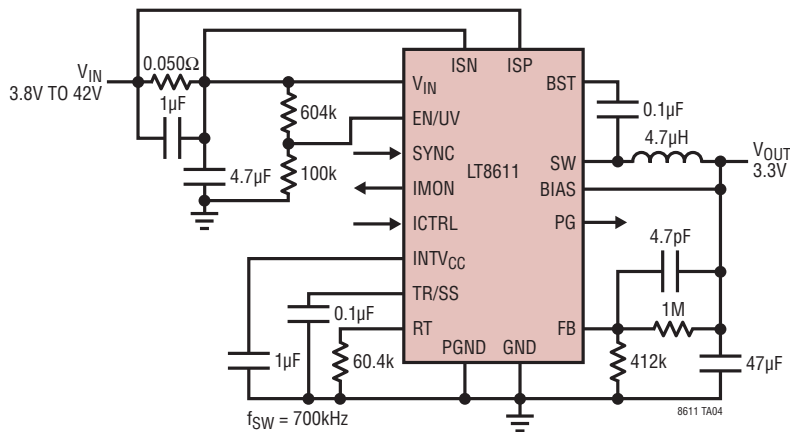
出力電流制限値が1Aの5V降圧コンバータ



入力電流制限値が1Aの3.3V降圧コンバータ

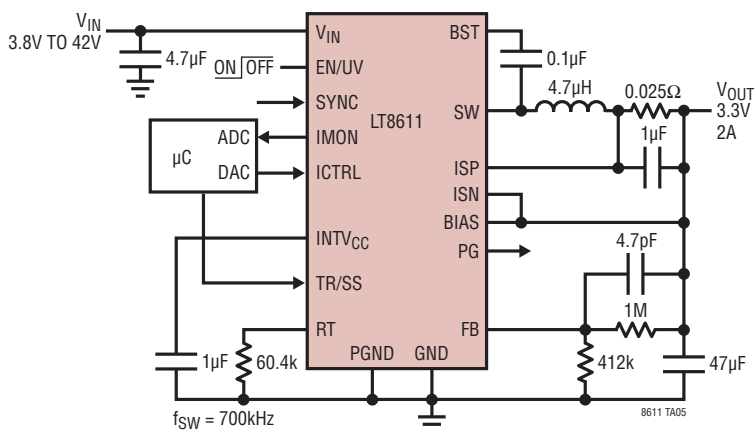


入力電流制限値が1Aで入力低電圧ロックアウトが7Vの3.3V降圧コンバータ

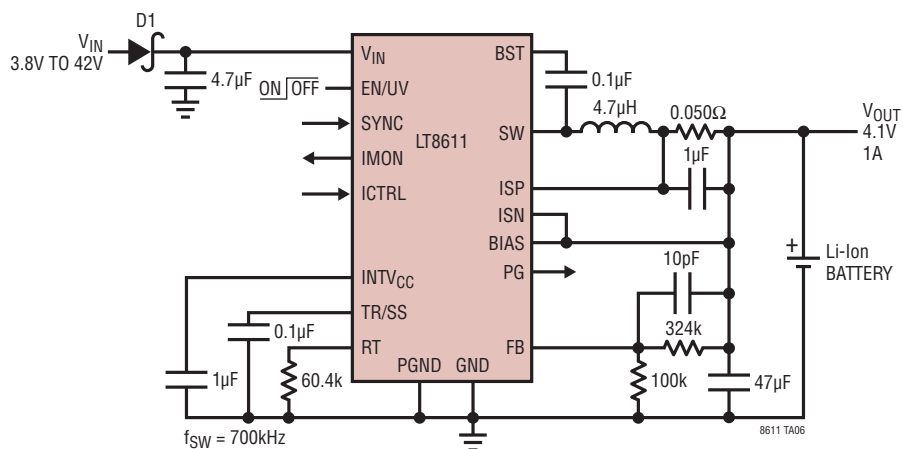


標準的応用例

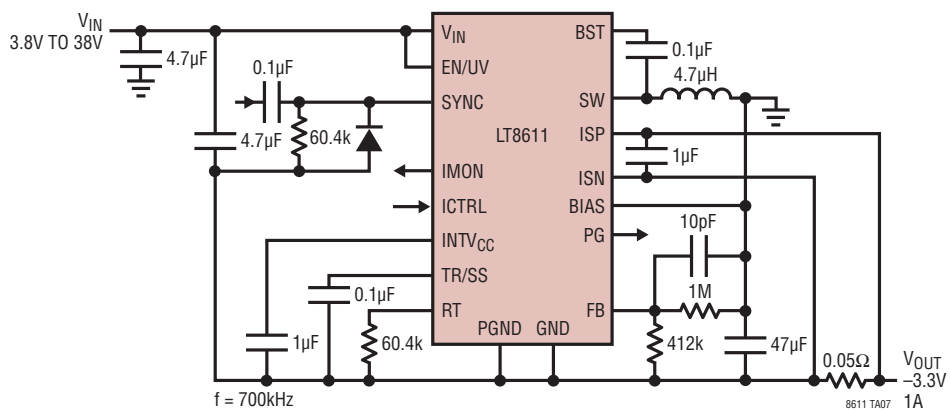
デジタル制御の電流源 / 電圧源



CCCV バッテリ・チャージャ

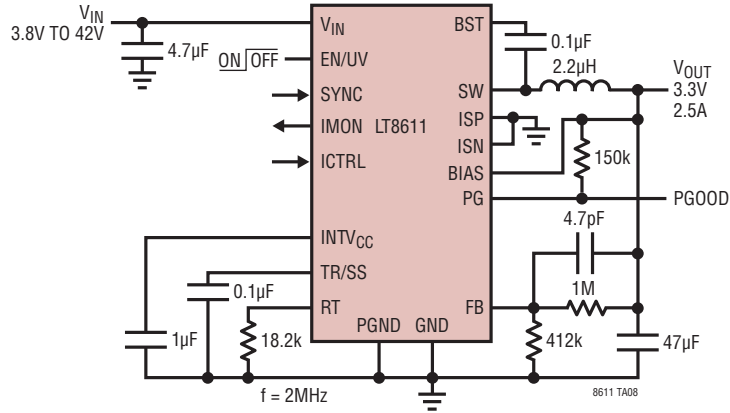


出力電流制限値が1Aの-3.3V負電圧コンバータ

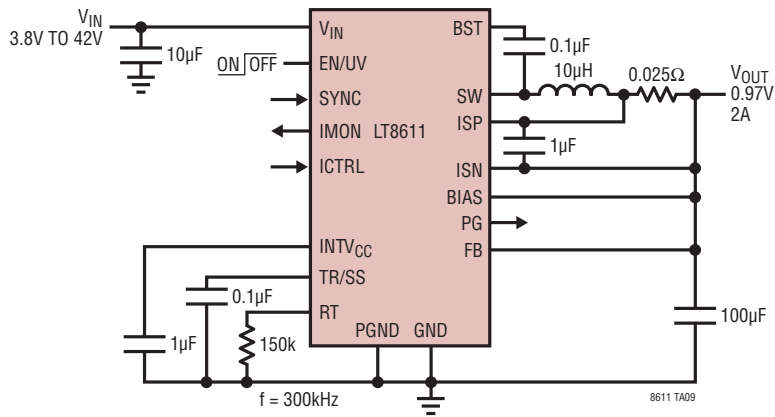


標準的応用例

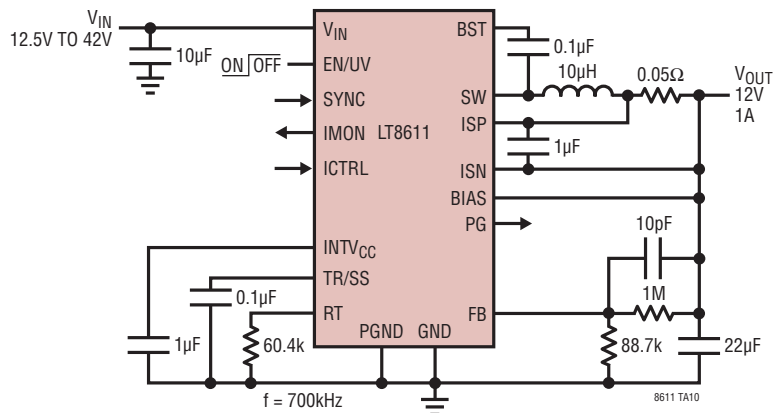
パワーグッド出力があり電流検出機能がない2MHz、3.3V降圧コンバータ



出力電流制限値が2Aの1V降圧コンバータ

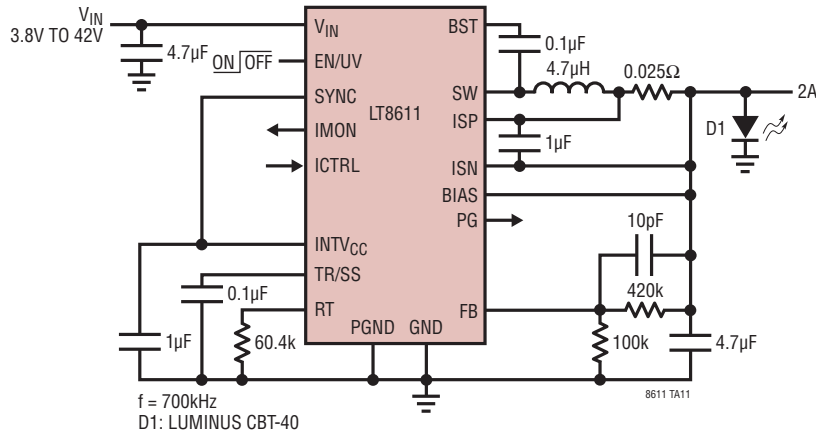


出力電流制限値が1Aの12V降圧コンバータ



標準的応用例

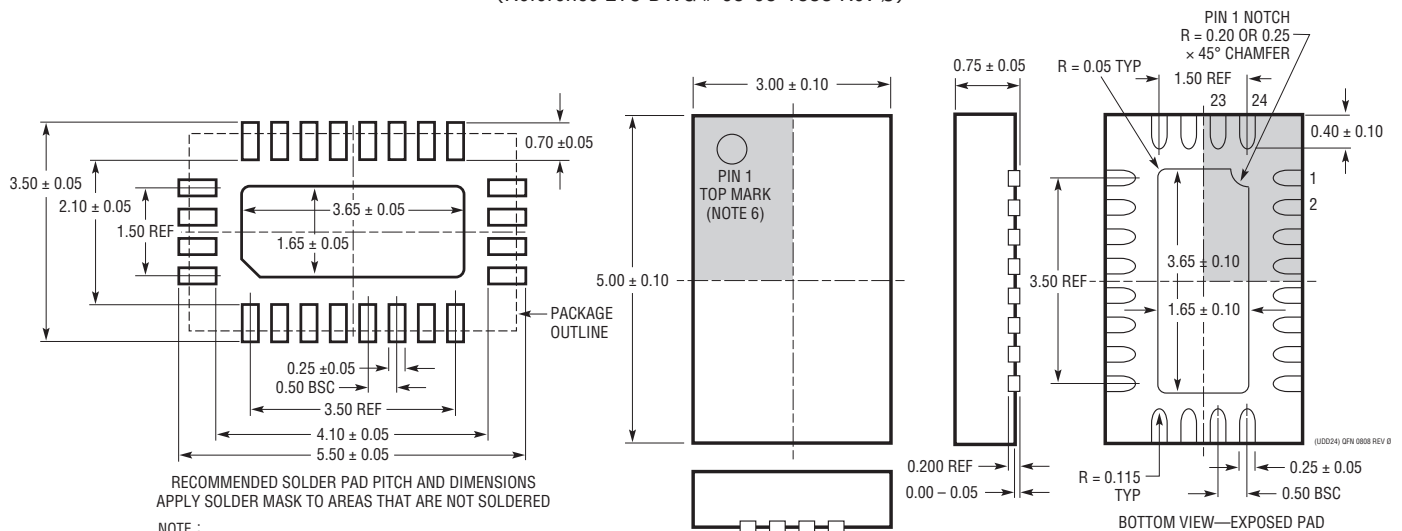
2A LEDドライバ



パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/>を参照してください。

UDD パッケージ
24ピン・プラスチック QFN (3mm×5mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1833 Rev 0)



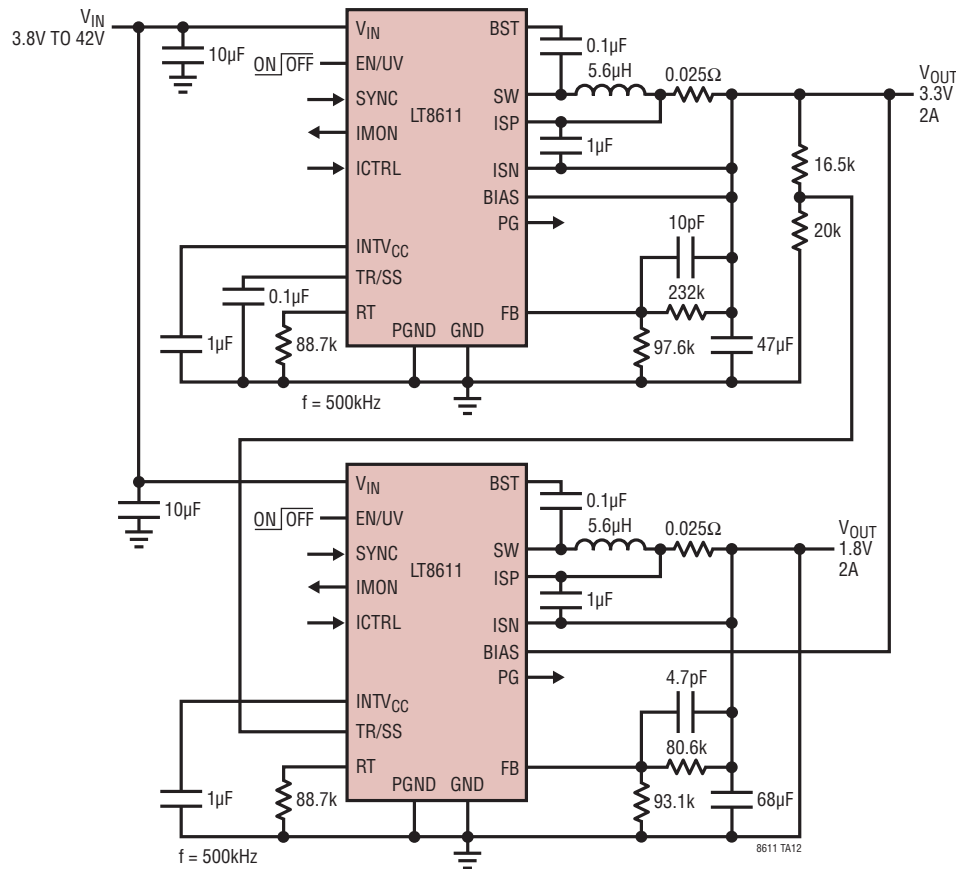
RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS
APPLY SOLDER MASK TO AREAS THAT ARE NOT SOLDERED

NOTE :

1. 図は JEDEC のパッケージ外形ではない
2. 図は実寸とは異なる
3. 全ての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで 0.15mm を超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 灰色の部分はパッケージのトップとボトムのパイン 1 の位置の参考に過ぎない

標準的応用例

出力電流制限値が各2Aの同時トラッキング降圧コンバータ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT8610	効率が96%の42V、2.5A、2.2MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.5\mu A$)	$V_{IN}: 3.4V \sim 42V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.97V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, MSOP-16Eパッケージ
LT3690	効率が92%の36V (60Vまでのトランジェント保護あり)、4A、1.5MHz同期整流式マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 70\mu A$)	$V_{IN}: 3.9V \sim 36V$, $V_{OUT(MIN)} = 0.985V$, $I_Q = 70\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 4mm×6mm QFN-26パッケージ
LT3971	38V、1.2A、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.8\mu A$)	$V_{IN}: 4.2V \sim 38V$, $V_{OUT(MIN)} = 1.21V$, $I_Q = 2.8\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×3mm DFN-10およびMSOP-10Eパッケージ
LT3991	55V、1.2A、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.8\mu A$)	$V_{IN}: 4.2V \sim 55V$, $V_{OUT(MIN)} = 1.21V$, $I_Q = 2.8\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×3mm DFN-10およびMSOP-10Eパッケージ
LT3970	40V、350mA、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.5\mu A$)	$V_{IN}: 4.2V \sim 40V$, $V_{OUT(MIN)} = 1.21V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×2mm DFN-10およびMSOP-10パッケージ
LT3990	62V、350mA、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ ($I_Q = 2.5\mu A$)	$V_{IN}: 4.2V \sim 62V$, $V_{OUT(MIN)} = 1.21V$, $I_Q = 2.5\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×3mm DFN-10およびMSOP-6Eパッケージ
LT3480	36V (60Vまでのトランジェント保護あり)、2A (I_{OUT})、2.4MHz高効率降圧DC/DCコンバータ (Burst Mode動作可能)	$V_{IN}: 3.6V \sim 36V$ (60Vまでのトランジェント保護あり)、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$, $I_Q = 70\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×3mm DFN-10およびMSOP-10Eパッケージ
LT3980	58V (80Vまでのトランジェント電圧保護あり)、2A (I_{OUT})、2.4MHz高効率降圧DC/DCコンバータ (Burst Mode動作可能)	$V_{IN}: 3.6V \sim 58V$ (80Vまでのトランジェント保護あり)、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$, $I_Q = 85\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 3mm×4mm DFN-16およびMSOP-16Eパッケージ